

Садржај

1. ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ СИСТЕМА ОСЛАЊАЊА ВОЗИЛА	1
2. ДИНАМИКА ВОЗИЛА	4
3. ВЕРТИКАЛНА ДИНАМИКА ВОЗИЛА	4
4. СИСТЕМ ОСЛАЊАЊА, ПОДСИСТЕМИ И ВРСТЕ.....	6
4.1 СИСТЕМ ЗА ВОЂЕЊЕ ТОЧКА	6
4.2 ЕЛАСТИЧНИ ОСЛОНЦИ.....	7
4.2.1 Лиснате опруге или гибњеви.....	7
4.2.2 Завојне опруге.....	9
4.2.3 Торзионе опруге.....	10
4.2.4 Гумени ослонци	11
4.2.5 Пнеуматски еластични ослонци	12
4.2.6 Хидропнеуматски ослонци	12
4.3 ЕЛЕМЕНТИ ПРИГУШИВАЊА.....	14
4.4 СТАБИЛИЗАТОРИ	16
5. ЗАВИСНИ И НЕЗАВИСНИ СИСТЕМИ ОСЛАЊАЊА	17
5.1 ЗАВИСНИ СИСТЕМИ ОСЛАЊАЊА.....	17
5.2 НЕЗАВИСНИ СИСТЕМИ ОСЛАЊАЊА	18
6. КИНЕМАТИКА НЕЗАВИСНИХ СИСТЕМА ОСЛАЊАЊА.....	21
7. МУЛТИ-ЛИНК	25
7.1 ЗАЧЕТНИК МУЛТИ-ЛИНК ОСЛАЊАЊА	27
7.2 FORD FOCUS – ПРВИ АУТОМОБИЛ СА МУЛТИ-ЛИНК ОСЛАЊАЊЕМ У МАСОВНОЈ ПРОИЗВОДЊИ	28
7.3 МЕХАНИЗАМ МУЛТИ-ЛИНКА	29
7.4 ПРЕДНОСТИ МУЛТИ-ЛИНК ОСЛАЊАЊА	31
7.5 НЕДОСТАЦИ МУЛТИ-ЛИНК ОСЛАЊАЊА	31
7.6 ПРИМЕРИ ПРИМЕНЕ МУЛТИ-ЛИНК ОСЛАЊАЊА	31
8. ПОРЕЂЕЊЕ КИНЕМАТИКЕ КОД МУЛТИ-ЛИНК И MCPHERSON ОСЛАЊАЊА У СОФТВЕРУ DYNATUNE.....	36
9. ЗАКЉУЧАК	49
ЛИТЕРАТУРА	50

1. ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ СИСТЕМА ОСЛАЊАЊА ВОЗИЛА

Постизање удобности у вожњи представља врло захтеван задатак за конструкторе возила. Данашњи системи ослањања представљају резултат вишедеценијског развоја. Носећа конструкција возила је ослоњена путем еластичних елемената са различитим вођицама чији је задатак да одрже возило у жељеном правцу кретања. Пригушни елементи се користе да ублаже осциловање и доведу еластични елемент у стање мировања. Приликом конструисања система ослањања требало је направити компромис у зависности од степена пригушења и крутости опруга.

Рана форма ослањања је била примењена на колима које су вукли волови. Реч је о платформи која је осциловала уз помоћ гвоздених ланаца, закачених за рам који је држао точкове. Овај систем је остао база за решавање система ослањања све до уласка у XIX век.



Слика 1: Рана форма ослањања на колима које су вукли волови[1]

Првобитно, аутомобили су развијени као самоходне верзије кочија које су вукли коњи, с тим што су оне биле конструисане за релативно мале брзине. Први функционалан систем, који је користио опруге, захтевао је напредније знање и вештину из металургије, а постао је могућ развојем индустријализације. *Obedaja Eliot* је заштитио први патент за возило с опругама. Наиме, сваки точак је имао две издржљиве лиснате опруге с обе стране, док је каросерија била директно повезана с опругама прикаченим на осовине.

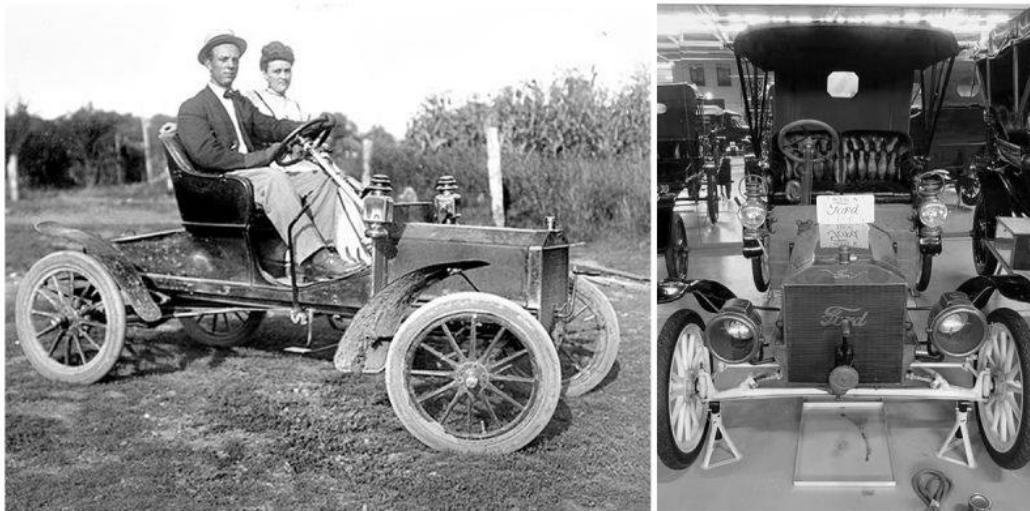
Ипак, ово није било револуционарно и оригинално решење, имајући у виду да је оно забележено и код старих Египћана, који су их користили у форми лукова да би појачали катапулте. Систем лиснатих опруга се још може назвати и првим модерним

ослањањем, а са напретком у изградњи инфраструктуре и конструкције путева, најављивао је велики напредак у сфери саобраћаја.



Слика 2: Ослањање са лиснатим опругама [2]

Године 1901. *Mors* из Париза је први имплементирао амортизере на аутомобил. Спиралне опруге су се по први пут нашле на једном серијском возилу 1906. године, и то на *BrushRunabout*-у *Brush Motor Company*-је, а данас се оне налазе на већини модела аутомобила.

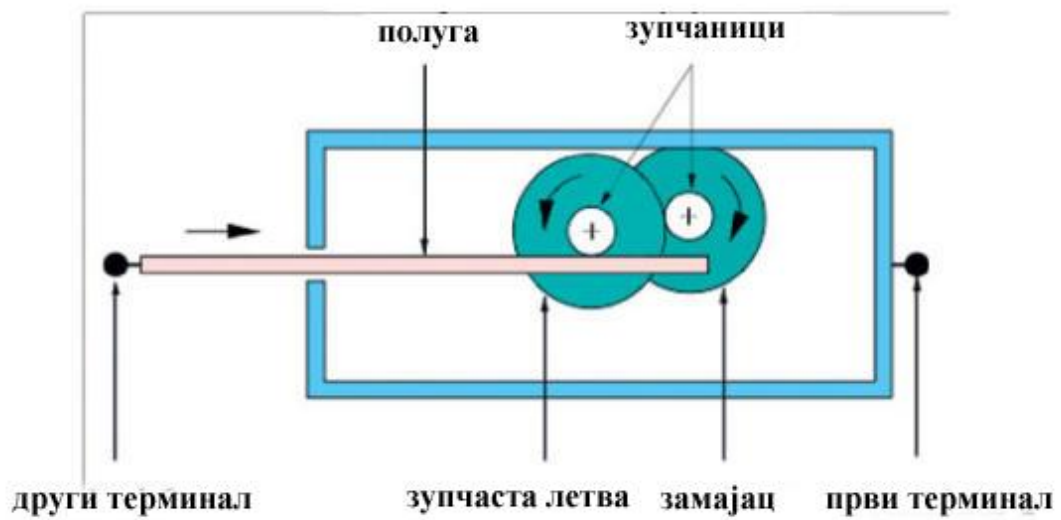


Слика 3: Прво серијско возило са спиралним опругама (*Brush Runabout*) [3]

Затим, 1920. године, *LeylandMotors* је увео систем торзионе шипке. Две године касније, 1922. године, дошло је до пионирске примене независног предњег ослањања на *Lancia Lambda*-и, да би се од 1932. године ово решење нашло у масовној употреби. Данас, већина возила има независно ослањање на сва четири точка.

Поред наведених, ту је и модерно решење које је 2002. изумео *MalkolmS. Smit*, такозвани инертер. Овај систем омогућава повећање ефективне инерције на ослањању точка тако што користи озупчен замајац, али без значајнијег додавања масе. Ова

технологија је иницијално тајно коришћена у Формули 1, али се касније раширила и на друге ауто-мото дисциплине.



Слика 4: Механизам инертера [4]

2. ДИНАМИКА ВОЗИЛА

Динамика возила представља део механике који се бави проучавањем појава везаних за осциловање возила и резултирајуће силе и моменте, а заснована је на Њутновим законима. Обухвата интеракцију возила, возача, оптерећења и околине, а има задатак да побољша управљивост, стабилност, активну безбедност и комфор вожње. Динамика возила развила се на темељу класичне механике (статике, кинематике, динамике), као и истраживањима инжењера у развоју возила од почетака путничких возила.

Подела динамике возила може се извршити према координатним осима возила, и то на:

- уздужну динамику возила,
- попречну динамику возила и
- вертикалну динамику возила.

Осим тога, може се још издвојити и:

- динамика пнеуматика и
- динамика целог возила.

Оваква подела динамике омогућава и посматрање појединих система возила засебно и увођење поједностављења и употребу једноставних раванских модела за темељније разумевање динамике возила.

3. ВЕРТИКАЛНА ДИНАМИКА ВОЗИЛА

Како су возила комплексни осцилаторни системи са већим бројем степени слободе, теоријски, ови системи се могу поистоветити са реалним моделима, како се број степени слободе повећава. Стога је нормално моделе возила представити и са десетинама степени слободе. Уколико се разматра удобност путника, човек се, такође, може укључити у модел.

Пут се представља као модел који задаје улазне сигнале са једним точком или четири точка (у зависности од комплексности модела) који су узроковани неравнинама на путевима. Ради прецизности истраживања, користе се што вернији, детаљнији динамички модели, што изискује повећање броја степени слободе. Повећање броја степени слободе указује на то да је потребан већи број параметара за прорачун. Поред тога, ефикасност прорачуна се може смањити повећањем прецизности рачунања. Због тога, често се прибегава поједностављењу динамичких модела, тако да буду једноставни за прорачуне, али и да буду приближни реалним моделима[5].

Најједноставнији модели треба да обухвате само најутичајније параметре, док мање утицајне треба занемарити. На тај начин добијамо једноставан модел за који су, како аналитичка обрада, тако и практична провера релативно једноставни, а материјални трошкови и временски губици минимални[6].

Равански осцилаторни модели су дводимензионални модели са два или више степени слободе који, осим одговарајућих померања у равни, укључују и ротацију око осе нормалне на раван модела[7]. Ови модели узимају у обзир вертикална померања ослоњених и неослоњених маса, узимајући у обзир угаоно померање око попречне осе (галопирање).

Класични, двоосовински модел, се може посматрати као механички систем са три основне масе, међусобно повезане еластичним елементима. Осцилације аутомобила су углавном проузроковане дејством неравнина пута. Оне изазивају додатно динамичко оптерећење возила и пута с једне стране, односно оптерећење и замор возача и путника с друге стране.

4. СИСТЕМ ОСЛАЊАЊА, ПОДСИСТЕМИ И ВРСТЕ

Задатак система за ослањање је да обезбеди еластичну везу између точкова и каросерије, односно да све силе и моменте који се појављују између точкова и тла приликом кретања возила пренесу на оквир или каросерију уз што веће ублажавање ударних оптерећења, као и уз обезбеђење максималне стабилности возила, нарочито при кретању у кривинама. Приликом кретања возила долази до његових осцилација, као и осцилација маса која се налазе у или на возилу, што утиче на удобност, стабилност, вучне карактеристике, управљивост, чврстоћу и поузданост. Што су брзина кретања и маса возила већи, то су и осцилације веће. Такође, због убрзања маса проузрокованих осцилацијама може доћи и до прекида контакта точка са подлогом. Као последица тога, може доћи до губитка могућности управљања и кочења и губитка стабилности возила.

Све претходно наведено указује на значај система за ослањање који не само да ублажава динамичке силе које делују на точкове, шасију и каросерију, већ и омогућава жељени карактер осциловања возила. Код добро изведених система ослањања, динамичке силе се у знатно мањој мери преносе на путнички простор возила и путнике, тако да возња не изазива умор и непријатност код путника приликом возње.

Систем ослањања је комплексан систем који се састоји од четири посебна система и то: механизма за вођење точкова, еластичних ослонаца, елемената пригушивања и стабилизатора.

4.1 Систем за вођење точка

Начин померања точкова у односу на каросерију возила је битан фактор у погледу могућности управљања, као и понашања возила на путу. Померање, односно кинематика точкова условљена је како конструкцијом, тако и врстом механизма за вођење точкова и углавном је независна од осталих елемената система ослањања (еластичних ослонаца и пригушивача). Обезбеђење кинематике точкова је првенствени задатак механизма за вођење точкова.

Задатак система за вођење точкова је да обезбеди што повољније релативно кретање точкова у односу на оквир или каросерију возила, односно да сведу на минимум промене величина које дефинишу оптималне услове котрљања током кретања возила по различитим врстама подлога. Посебно је битно да се вредности нагиба точкова не мењају код управљачких точкова. Елементи система вођења точкова такође морају да обезбеде и преношење хоризонталних сила и момената са точка на оквир или каросерију возила. Непожељно је и померање точкова у попречном правцу, као и промене вредности затура.



Слика 5: Елементи система вођења точка[8]

4.2 Еластични ослонци

Задатак еластичних ослонаца је да пренесу вертикалне силе на оквир или каросерију возила и да обезбеде што веће ублажавање приликом преноса вертикалних сила, тј. да се ударна оптерећења смање у што је могуће већој мери. Они треба да заштите структуру возила и путнике од непријатних вертикалних померања и обртања око вертикалне и хоризонталних оса возила.

Карактеристика система за ослањање је у највећој мери дефинисана управо еластичним ослонцима. Они могу бити израђени од метала и неметала. Еластични ослонци израђени од метала обухватају лиснате опруге или гибњеве, завојне опруге и торзионе штапове, док у неметалне ослонце спадају гумени, пнеуматски и хидраулички.

4.2.1 Лиснате опруге или гибњеве

Опруге служе за еластично везивање машинских делова и склопова. Њихова еластичност омогућује да амортизују, односно пригуше енергију. Конструкцијски облици опруга веома су различити и прилагођени су намени. У зависности од облика и начина оптерећења, опруге су претежно изложене савијању (флексија), увијању (торзија) или сложенем напрезању. Према томе се деле на:

1. флексионе опруге,
2. торзионе опруге, и
3. сложено напрегнуте опруге.

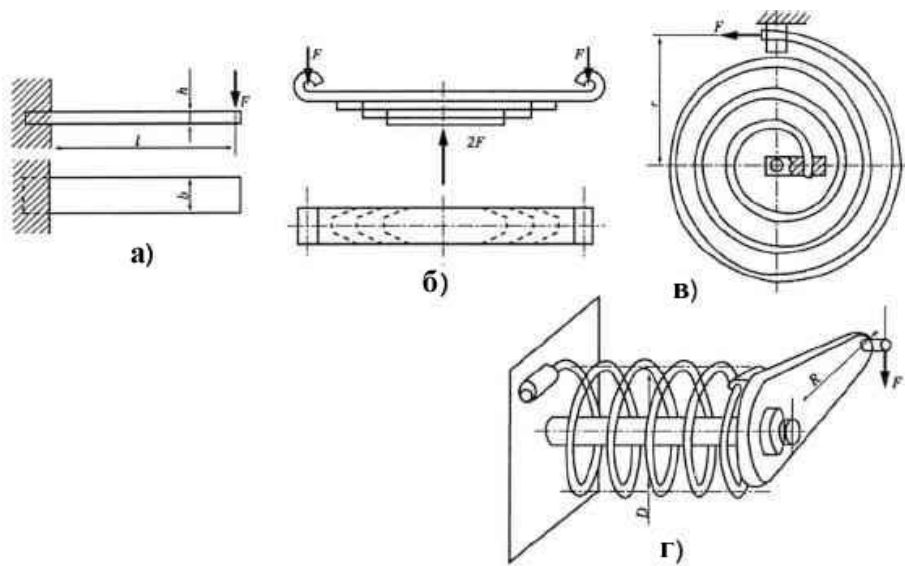
Основне врсте флексионих опруга су:

а) Просте лиснате опруге, које се примењују за мала оптерећења и ако се тражи велика деформабилност, као што је случај код механизма за пољопривредне и текстилне машине или у прехранбеној и процесној индустрији.

б) Сложене лиснате опруге (гибњеви) погодне за велика оптерећења. Из тог разлога се примењују код друмских и шинских возила, код преса и чекића итд. Гибань се под оптерећењем еластично деформише, на шта се троши део рада који акумулише. Мали део рада троши се на трење између листова гибња.

в) Спиралне опруге, које се примењују нпр. за сатне механизме

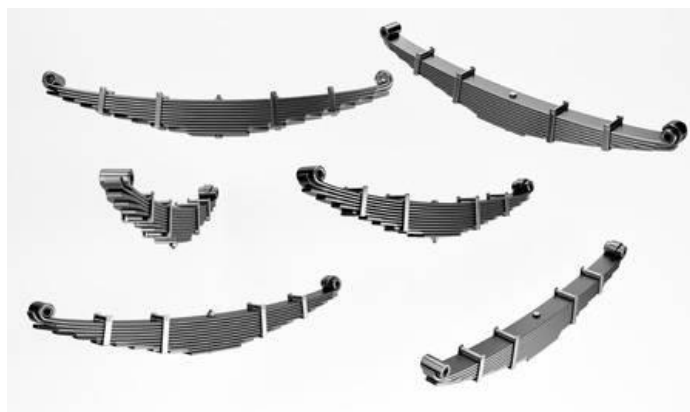
г) Флексионе завојне опруге које имају релативно велику угаону деформацију, која настаје као последица облика и оптерећења (F). Имају примену у апаратима за домаћинство, код пољопривредних, текстилних, штампарских и других машина.



Слика 6: Приказ флексибилних опруга а) Плосната лисната опруга, б) Сложена лисната опруга или гибань, в) Спирална опруга, г) Завојна флексибилна опруга [9]

Имајући у виду значај који лиснати гибњеви имају у примени код моторних возила, њима ће бити посвећена додатна пажња.

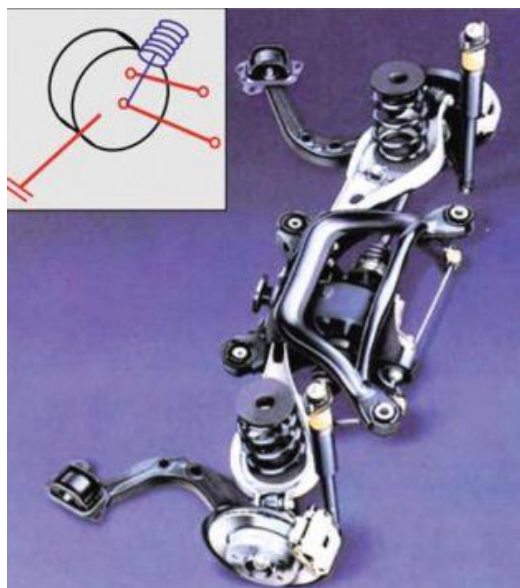
Лиснати гибњеви су еластични елементи који се под дејством силе савијају. Састоје се од уздужних опруга тј. листова правоугаоног или елипсастог облика који су наслагани један на други. Листови гибња су осигурани да се не би уздужно померали један у односу на други, а такође се обезбеђују да се листови не би померали бочно један у односу на други. Главна предност лиснатих гибњева у односу на друга решења је да омогућавају не само обављање функције еластичног ослоња, већ могу да преносе уздужне силе (погонске и кочне силе) на каросерију или рам возила. Због међусобног трења између појединачних листова, лиснати гибань такође обавља и функцију пригушног елемента. Лиснати гибњеви су релативно јефтино, а истовремено поуздано и робусно решење. Данас се комбинација круте осовине и лиснатих гибњева може срести само на малом броју путничких возила и то углавном возила спортско-доставног типа (СУВ). На комерцијалним возилима је ово решење и даље широко заступљено. Решење ослањања са лиснатим опругама је приказано на следећој слици.



Слика 7: Лиснате опруге [10]

4.2.2 Завојне опруге

Завојне опруге могу да примају силе искључиво у аксијалном правцу због чега се не користе за примање бочних и уздужних оптерећења. Због тога конструкције са спиралним опругама увек садрже уздужне и попречне упорне вођице које се једним крајем везују за доњи ослонац опруге, а другим делом за каросерију. На тај начин упорне полуге примају на себе уздужна и попречна оптерећења, док завојне опруге примају вертикална оптерећења. Систем ослањања са спиралним опругама је приказан на слици 8.



Слика 8: Изглед ослањања са спиралним опругама



Слика 9: Спиралне опруге[11]

Предности спиралних опруга у односу на лиснате гибњеве су мања тежина, дужи век трајања, одсуство трења, једноставнија конструкција, мања цена и једноставније одржавање. Недостаци су већ поменута немогућност преношења уздужних сила и непостојање пригушног дејства. Ови недостаци за последицу имају већи степен сложености система са спиралним опругама од система са лиснатим гибњевима, јер се на систем еластичних ослонаца морају додати засебни системи пригушивања и вођења. Спиралне опруге се израђују од челичне жице кружног пресека и најчешће се користе као основни еластични ослонац.

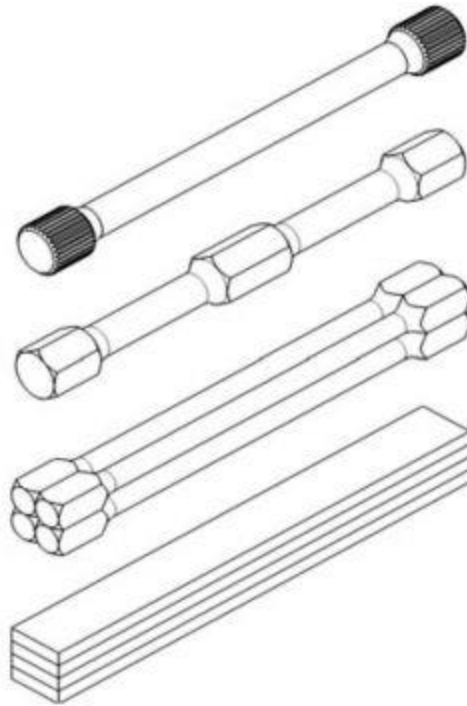
4.2.3 Торзионе опруге

Торзионе опруге се такође користе као основни еластични ослонац. Торзионе опруге су најчешће прави штапови кружног пресека, састављени из једног или више комада у облику снопа и са квалитетном површинском обрадом. Израђени су од топло ваљаног челика за побољшање предвиђеног за торзиона напрезања. Један крај оваквог штапа је фиксиран, док је други тако улежиштен да може да се okreће око своје осе. Могу се постављати попречно или уздужно у односу на возило, али увек у хоризонталној равни. Просте торзионе опруге примењују се код еластичних спојница, као носеће опруге код теретних возила, као и за мерење обртног момента код динамометарских кључева.

Недостаци торзионих опруга су велике дужине које захтевају, потреба за посебним механизмом за вођење, као и немогућност пригушивања. На слици 11 су приказане торзионе опруге из једног комада и у сноповима.



Слика 10: Решење торзионе опруге [12]



Слика11: Изведбе торзионих опруга [13]

4.2.4 Гумени ослонци

Гумени ослонци примењују се првенствено као еластични спојеви за пригушење ударних и вибрационих оптерећења. Конструкционо се изводе тако што се метална плоча или прстен, односно метална цев спаја са гумом. Такви делови у раду су напрегнути на притисак и смицање, односно увијање.

Основна својства гуме која су погодна да се користи за еластичне елементе су тврдоћа, чврстоћа, еластичност, пригушење, једноставна конструкција, мала тежина, постојаност на температури, постојаност у односу на старење, односно прихватљив век трајања, отпорност у односу на уље, бензин и сл. Израђују се у комбинацији са пластичним и металним чаурама, при чему је од великог значаја за практичну примену спој гуме са челичним деловима преко којих се еластични елементи оптерећују. Спој се остварује процесом вулканизације преко одговарајућих металних површина, које често својим рељефним обликом залазе у гуму.

Гумени ослонци се користе у различите сврхе и у различитим димензијама на возилима. Гумени еластични елементи примењују се за пригушење ударних и вибрационих оптерећења и смањење буке, пре свега код ослањања мотора код моторних возила, као еластични ослонци и спојеви код машина, као еластични елементи код спојница итд. Гумени ослонци су приказани на слици 12.



Слика 12: Гумени ослонци на вођици [14]

4.2.5 Пнеуматски еластични ослонци

Пнеуматски еластични ослонци се употребљавају код возила код којих се оптерећење мења у широком распону, као што су аутобуси, камиони и приколице, и код путничких возила више класе код којих конструктори желе обезбедити додатни комфор.

Пнеуматски еластични елементи се изводе од еластичне полиуретанске гуме. Ваздушни јастуци замењују опруге као пригушне елементе у систему ослањања. Сваки појединачни ваздушни јастук је повезан вентилом који контролише количину ваздуха која се налази у ваздушном јастуку. Вентили су повезани на компресор и на мали резервоар ваздуха под притиском. Отварањем и затварањем вентила количина ваздуха у сваком појединачном ваздушном јастуку се може подешавати. Смањењем притиска у ваздушним јастуцима одстојање возила од тла се смањује и обрнуто. Пошто пнеуматски елементи немају могућност да пренесу уздужне и попречне силе, комбинују се са елементима за вођење. Један од разлога за коришћење ваздушног ослањања је степен удобности, јер ваздушно ослањање преноси значајно мање вибрација са путне подлоге од конвенционалних система.

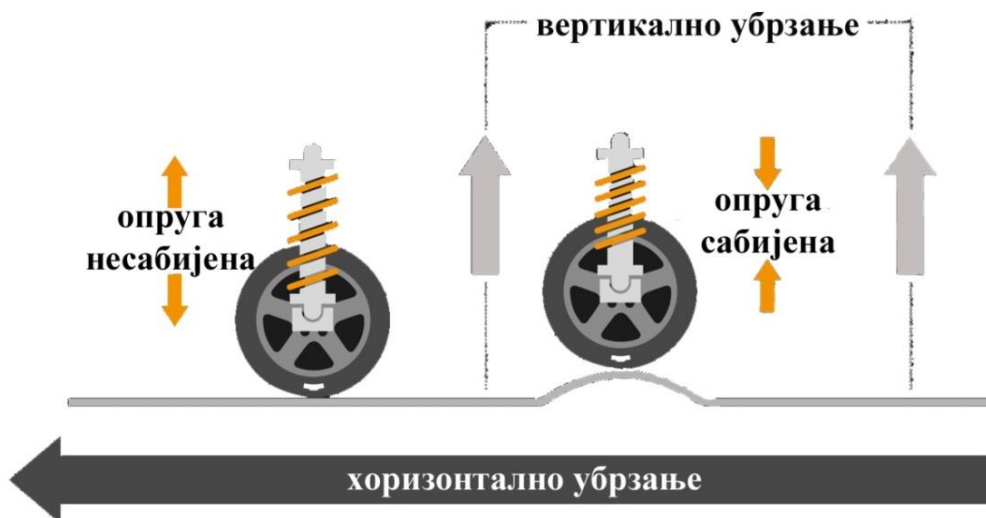
4.2.6 Хидропнеуматски ослонци

У хидропнеуматским системима ослањања улогу еластичног елемента има хидрауличка сфера. Сфера у горњем делу садржи гас (најчешће азот) под притиском који се налази изнад дијафрагме-мембране. Преко дијафрагме се помоћу хидрауличке

течности под притиском сабија гас, а када притисак опадне, гас враћа хидрауличку течност у претходни положај. Ова појава је слична сабијању и истезању опруге. Хидропнеуматски еластични елементи су слични пнеуматским, а разлика је у томе што се поред компримованог ваздуха у систему налази и нестишљива течност. Вертикално померање точкова се преноси на течност, а преко ње на мембрану изнад које се налази гас. Померање точка изазива сабијање гаса и систем се затим понаша слично пнеуматском. Ова врста опруга такође може квалитетно да послужи као амортизер, али и регулатор нивоа. На слици 13 је приказана илустрација дела система хидропнеуматског ослањања.



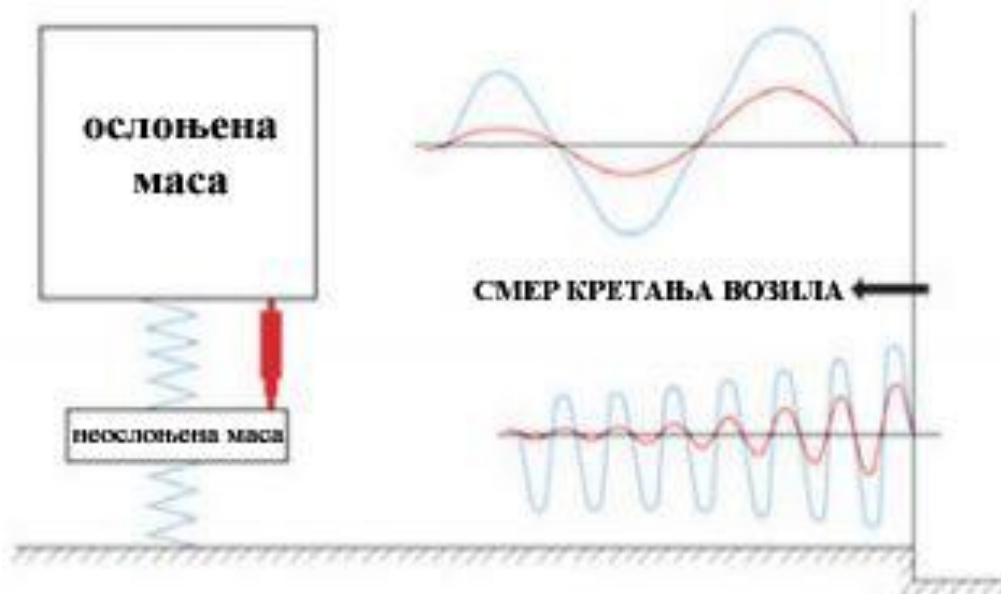
Слика 13: Хидропнеуматски ослонац [12]



Слика 14: Приказ дејства неравнине пута на ослањање [15]

4.3 Елементи пригушивања

Задатак еластичних и пригушних елемената је да се када возило наиђе на неравну подлогу деформишу. Настали удар апсорбује систем ослањања. Систем ослањања спречава контакт ослоњене и неослоњене масе. Међутим, опруге ће тежити да се поново врате у недеформисано стање тако ослобађајући енергију ускладиштену у њима. Да би се ове осцилације што брже смањиле и елиминисале користе се пригушни елементи.



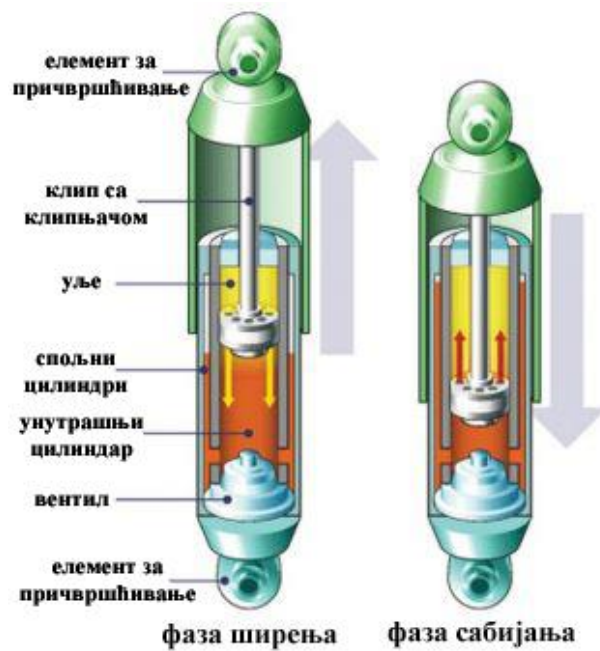
Слика 15: Приказ осцилација ослоњене и неослоњене масе возила [12]

Због постојања еластичних ослонаца у систему ослањања је нормално да се током кретања возила појаве осцилације. Оне су непријатне за путнике унутар возила, али могу да изазову и озбиљнија динамичка оптерећења и ударе, а задатак система ослањања је да оствари што веће пригушивање тих осцилација.

Приликом конструисања новог возила, велики напори на развоју фокусирани су управо на оптималан избор ослањања, крутости и пригушења. Амортизер је један од најкомплекснијих делова система ослањања возила. Уопштено посматрано, амортизер се понаша нелинеарно и битан фактор његових карактеристика је време.

Наиме, зависност карактеристика амортизера од времена резултат је пораста температуре уља током рада возила, која настаје због претварања кинетичке енергија у топлоту (са вискозним губицима). Вискозност уља је битан фактор карактеристика амортизера и под великим је утицајем температуре [16].

У процесу пригушивању осцилација у одређеној мери учествују и остали елементи система ослањања, не само амортизери. Данас се најчешће користе хидраулички амортизери.



Слика 16: Хидраулички амортизер[12]

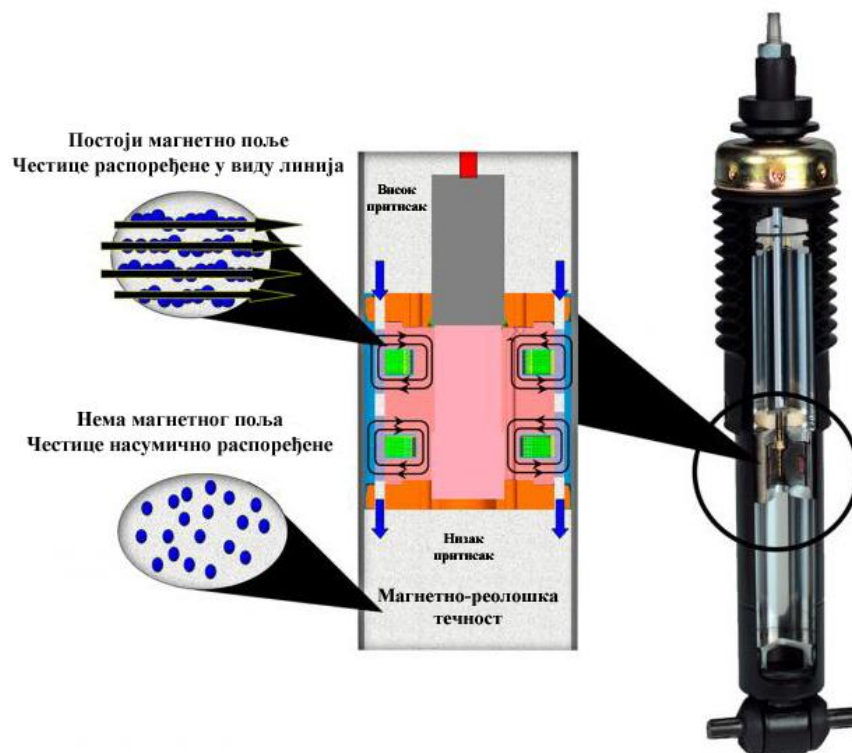
Принцип рада хидрауличког амортизера се заснива на претварању кинетичке енергије у топлотну захваљујући трењу унутар флуида, тј. уља које се налази у амортизеру. Код савремених возила се углавном користе телескопски хидраулички амортизери. Састоје се од клипа са клипњачом. На клипу и радном цилиндру се налазе вентили или мали отвори, па услед сабијања или истезања клипњача потискује клип где се активира тај вентил, зависно од смера кретања, па се уље истискује у слободан простор спољног цилиндра. Клип амортизера са клипњачом и заштитном цеви су причвршћени за каросерију, а спољни и радни цилиндар су причвршћени на покретне елементе ослабања. Вентили у амортизеру служе за пригушење тока уља које генерише топлотну енергију, а самим тим успорава кретање клипа и клипњаче.

Гасно хидраулички амортизери раде на сличном принципу, уз додатак гаса који се додатно сабија под дејством уља. На слици 17 је приказана илустрација гасног амортизера.



Слика 17: Гасно хидраулички амортизер[17]

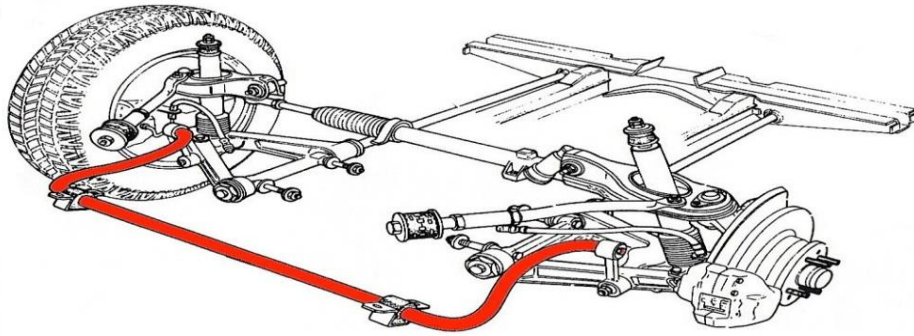
Поред хидрауличких и гасно хидрауличких амортизера, користе се и магнетни амортизери који представљају једно од најсавременијих решења пригушних елемената. За разлику од конвенционалних амортизера, у њима се не налази само уље. Наиме, у овом типу амортизера налази се магнетно-реолошка течност која је синтетичко уље које садржи ситне магнетне честице. Приликом пропуштања напона кроз намотаје унутар клипа ствара се магнетно поље, а честице се помере тако да су позициониране нормално у односу на ток флуида кроз отворе клипа и тако стварају отпор струјању флуида. Због већег отпора струјању флуида, померање клипа се отежава и тако се систем ослањања укрућује. На следећој слици је приказан начин рада магнетних амортизера.



Слика 18: Начин рада магнетних амортизера[18]

4.4 Стабилизатори

Како еластично ослањање има и негативне стране, као што је нагињање возила у кривини, у циљу смањења нагињања се користе стабилизаторске полуге – најчешће торзионе. Механички торзиони стабилизатор је конструкцијски једноставан, јефтин и не захтева посебно одржавање. Изводи се углавном у облику двокраке полуге и спонама је везан за систем ослањања, а за каросерију возила је везан метално-гуменим елементима. Улога стабилизаторске полуге је да се супротстави нагињању возила када један точак исте осовине има одступања у вертикалном смеру у односу на други и супротставља се вертикалном померању точка.



Слика 19: Механички торзиони стабилизатор[19]



Слика 20: Илустрација понашања возила приликом промене правца (са стабилизатором и без стабилизатора)[20]

Стабилизаторске полуге могу бити постављене попречно и уздужно у односу на уздужну осу возила. Обично се изводе у облику двокраке полуге као целина, а за каросерију се причвршћују помоћу носача са тврдом гумом, док се вођицама, тзв. стабилизаторима, причвршћује са елементима система вођења, тзв. вођицама.

5. ЗАВИСНИ И НЕЗАВИСНИ СИСТЕМИ ОСЛАЊАЊА

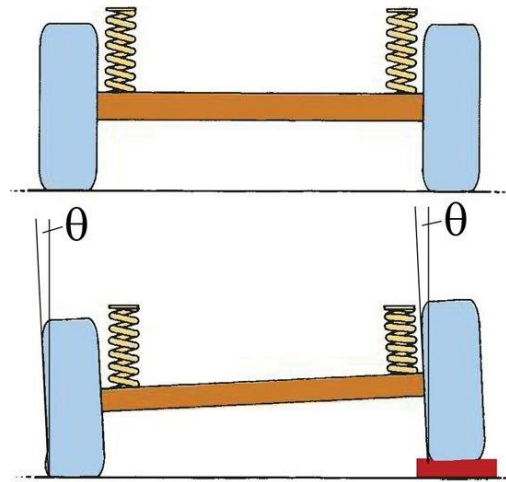
У циљу даље анализе система ослањања, неопходно је претходно извршити њихову поделу према битним карактеристичним величинама и то на:

- зависне и
- независне

имајући у виду врсту и карактер елемената за вођење точка.

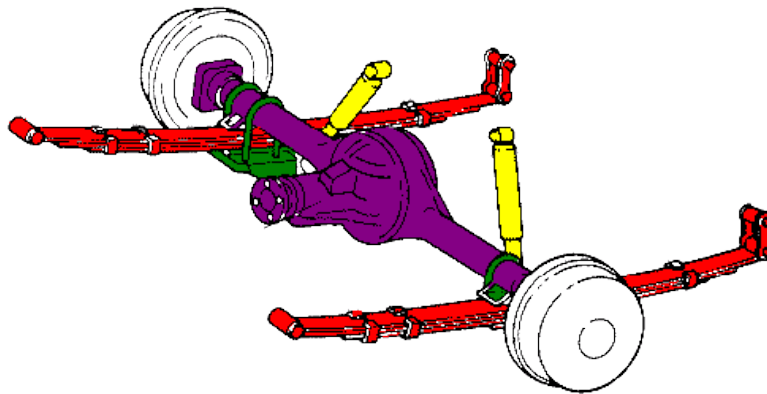
5.1 Зависни системи ослањања

Зависни системи су везани за појам крутог моста било погонског или управљачког, код кога крута греди везује леви и десни точак при чему се померање једног точка у попречној равни преноси и на други точак.



Слика 21: Приказ дејства неравнине пута на систем са зависним ослањањем [21]

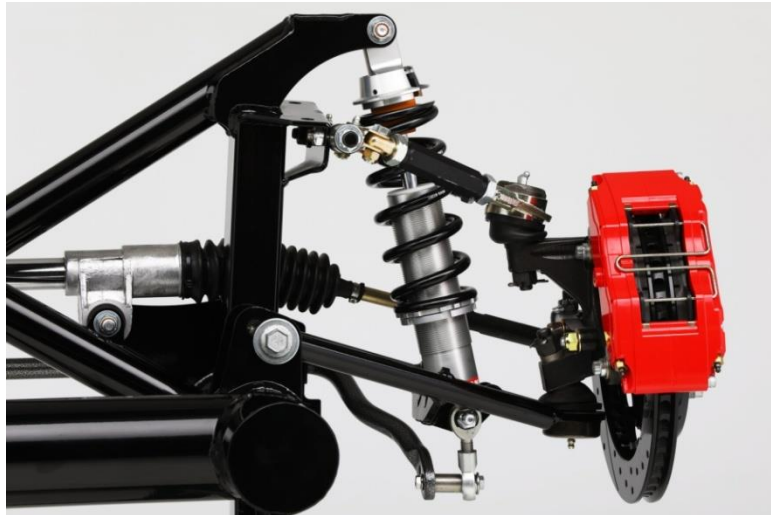
Ови системи су најједноставнији, али не пружају могућности обезбеђења правилне кинематике управљања. Због тога се зависни системи ослањања користе данас на управљачким мостовима теретних возила.



Слика 22: Илустрација зависног система ослањања са лиснатим опругама и крутим мостом[22]

5.2 Независни системи ослањања

Независни системи омогућавају да се много потпуније задовоље задаци постављени пред систем ослањања, односно захтеви и услови за остваривање оптималних вредности статичких и динамичких угиба и обезбеђење правилне кинематике управљачких точкова. Независни системи ослањања се данас практично обавезно срећу на управљачким мостовима путничких возила, а све чешће и све више и на њиховим погонским мостовима. Код независних система, механизам за вођење преузима на себе и функцију управљачког моста у целини, уколико се ради о предњим точковима. Погонски мост се, уколико 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).



Слика 23: Независни систем ослањања[23]

У зависности од тога у којој се равни помера точак при његовом подизању разликују се системи независног ослањања са:

- померањем точка у попречној равни са једном попречном вођицом или са две попречне вођице истих дужина или са две попречне вођице различитих дужина,
- померањем точка у уздужној равни – са једном или две подужне вођице и
- са померањем точка у уздужној и попречној равни са постављеним вођицама под одређеним углом у односу на попречну и подужну раван, вертикалним померањем преко вођице[24].

Предности система независног вођења точкова огледају се у следећем:

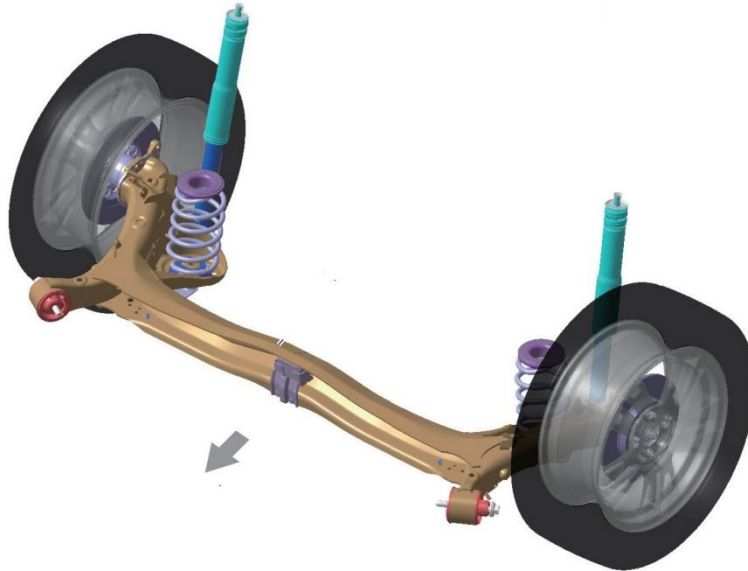
- смањене вредности неослоњене масе,
- померање једног точка исте осовине не утиче на померање другог точка,
- велики број кинематских конфигурација при конструисању,
- једноставна изолација вибрација и акустичних ефеката са подлоге,
- не постоји ефекат самоуправљивости,
- боље „лежање“ на путу због ниже постављеног тежишта, услед могућности да се мотор може поставити ниже, јер нема попречног елемента круте осовине.

Међутим, поред претходно наведених погодности које пружа систем независног ослањања, неопходно је истаћи његове недостатке, као што су:

- повезаност осовине и одстојање од подлоге су ограничени (може бити мана за теренска возила),
- тежња за изједначавање оптерећења на точковима исте осовине у кривини је могућа једино употребом стабилизатора,
- робусност мања него код крутих осовина.

Због трошкова и комплексности, велики број произвођача своја мања возила опрема независним системом ослањања предње осовине, а задња осовина је изведена зависним или полузависним системом ослањања. Ипак, удео возила која користе системе независног ослањања је у сталном порасту.

Полузависно ослањање је ослањање код ког су осовине повезане торзионо еластичним елементом. Померање једне стране делимично утиче на померање друге стране. Улога торзионо еластичних елемената је да ублаже преношење удара са подлоге на каросерију возила. Полузависно ослањање се среће само на задњој осовини путничких возила. Најчешћи пример полузависног ослањања је такозвана Н-греда, или Н-ослањање.



Слика 24: Полузависно Н-ослањање[25]

Карактеристика Н-ослањања је у крутој греди која при средини има другачију унутрашњу структуру. Наиме, материјал за ливење Н-греде није целом структуром исти већ се при средишњем делу греде примењује материјал веће еластичности у односу на остатак структуре, при томе омогућујући еластичност између леве и десне стране.

6. КИНЕМАТИКА НЕЗАВИСНИХ СИСТЕМА ОСЛАЊАЊА

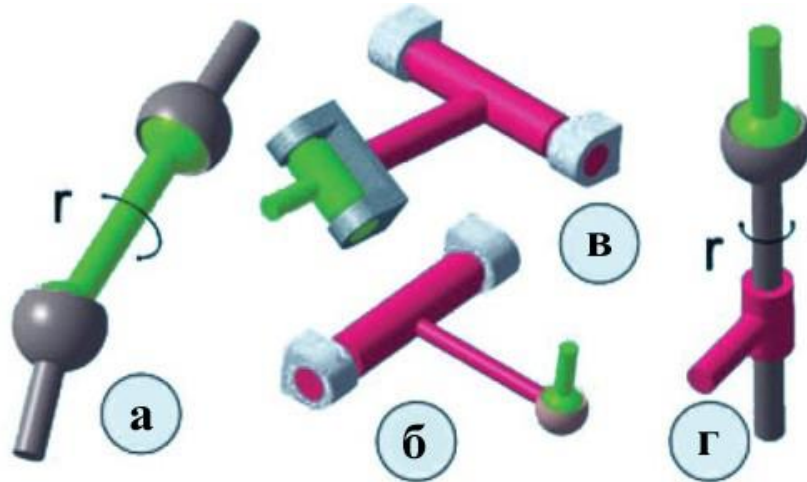
Сваки систем независног ослањања се састоји од кинематских веза које повезују каросерију са елементима на које се причвршћују точкови. Појединачни елементи у систему веза се спајају зглобовима. Зглобови се најчешће налазе на крајевима елемената. Тип зглоба одређује слободу кретања везаних елемената. Постоји шест степени слободе елемената (обртање око сваке од три оса и транслаторно померање дуж све три осе), а независни системи вођења ослањања би требало да ограниче степен слободе носача точка на један (два у случају управљачке осовине).

Неограничени степен слободе би требало да буде померање у смеру нормалном на тло. Међутим, ниједан од данас коришћених система не испуњава услове о ограничењу пет степени слободе у потпуности.

Други степен слободе је потребан за управљање које се врши помоћу вођица које су везане за управљачки механизам.

Кинематски систем полуга који везује носаче точкова за каросерију се састоји од крутих веза са зглобовима. Опруге и амортизери сачињавају еластични елемент који ограничава кретање у вертикалном смеру (шести степен слободе). Овај еластични елемент не утиче на кинематику система ослањања сем ако је систем ослањања изведен као ротациони клизни зглоб (опружна нога).

Број веза (вођица) које су потребне да се контролише кретање точка зависи од кинематских карактеристика различитих врста веза уграђених у систем ослањања.

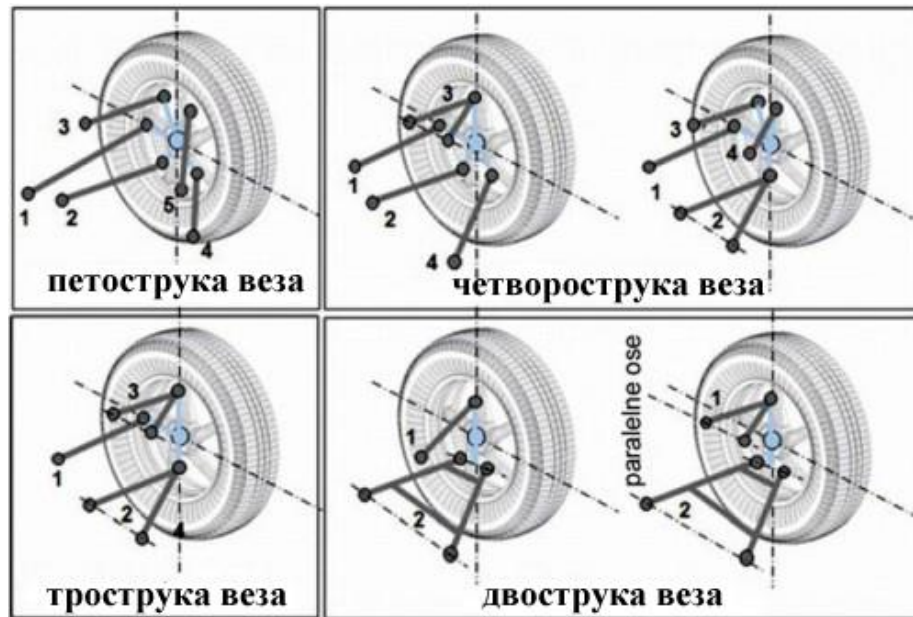


Слика 25: Везе које се могу наћи на независним системима ослањања[26]

Најједноставнији тип везе ослањања је вођица са две тачке везивања (слика 25а). Вођица са две тачке везивања поседује или сферни зглоб или гумену чауру као елемент везе. Свака вођица са две тачке везивања смањује број степени слободе носача точка за један. Уколико је носач точка везан за каросерију са пет вођица са две тачке

везивања, остаје само један степен слободе носача точка (за померање по вертикали). Ово решење је познато као мулти-линк (5 вођица).

Два степена слободе се могу ограничити коришћењем везе у 3 тачке (троугласто раме, слика 25б), са једном тачком везивања на носачу точка и две тачке везивања на каросерији. Једно троугласто раме обавља функцију две вођице са две тачке везивања. Уколико се користи једно троугласто раме и три вођице са две тачке везивања добија се систем са четири вођице.

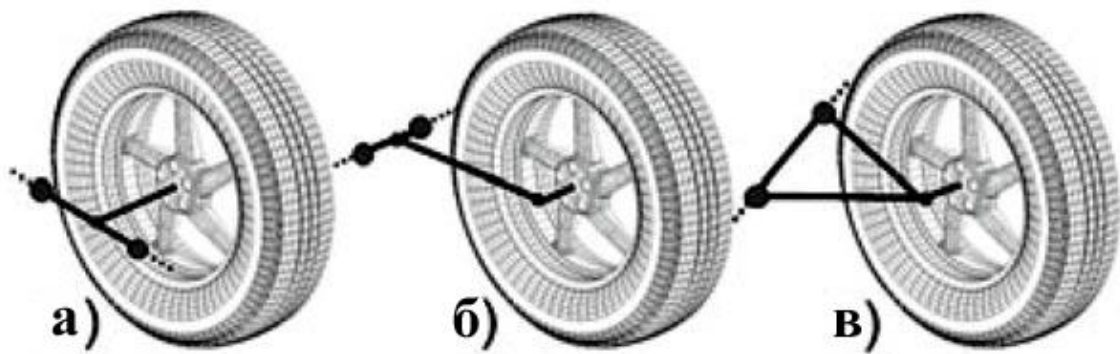


Слика 26: Број веза унутар независног система ослањања [26]

Уколико се користе два троугласта рамена потребна је само још једна вођица са две тачке везивања. Оваква конфигурација се назива двострука троугласта рамена или систем са три вођице. У овој конфигурацији троугласта рамена су оријентисана попречно.

Вођица са четири тачке везивања (трапезна вођица) се користи за ограничавање четири степена слободе (слика 25в). Уколико се дода још једна вођица са две тачке везивања носач точка ће имати само један степен слободе. Ова конфигурација је позната као систем ослањања са две вођице.

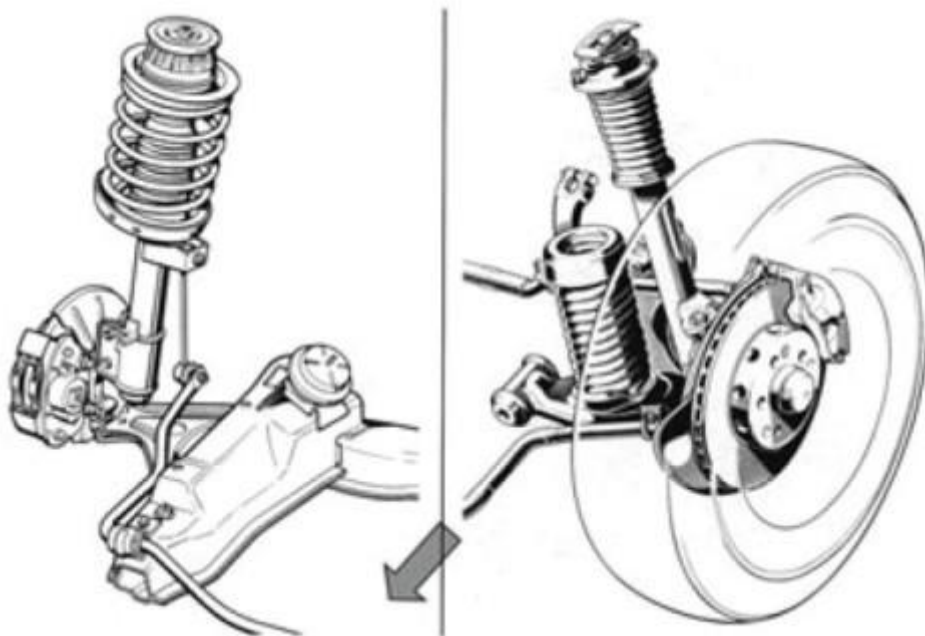
Ослањање са једном вођицом је такође могуће. Овакво решење се изводи тако што се носачи точка задње осовине везују за каросерију користећи осовиницу која је уједно и оса обртања носача точка. Тако сваки носач точка има само један степен слободе. Кретање носача точка одређује позиција осе обртања, односно осовинице.



Слика 27: Различите изведбе качења вођица точка за каросерију возила [26]

Још један пример оваквог решења је ротациони клизни зглоб. Пример оваквог решења је амортизер чији клип може да се обрће и вертикално помера у односу на кућиште амортизера (слика 25г). Два степена слободе се ограничавају монтирањем кућишта амортизера на носач точка и везивањем клипа амортизера за каросерију помоћу сферног зглоба или гумене чауре (горња веза, на „шољама амортизера“).

Оваква конфигурација се назива опружна нога. Потребне су још три вођице са две тачке везивања (или једним троугластим раменом и вођицом са две тачке везивања) да би се број степени слободе смањено на један. Опруга може бити постављена коаксијално у односу на амортизер због уштеде у простору (слика 28). Овакви системи захтевају или две вођице са две тачке везивања или једно доње троугласто раме.

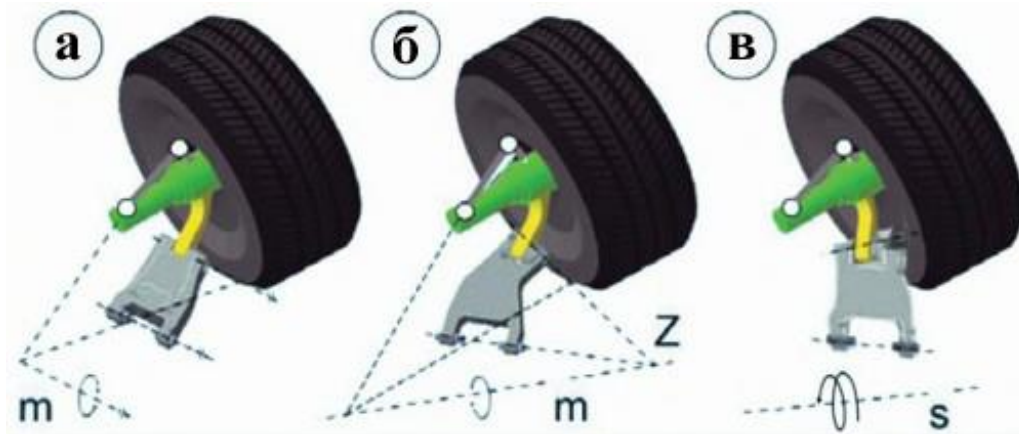


Слика 28: Начини постављања опруге у односу на амортизер [26]

Вођице ослањања могу бити постављене попречно, уздужно и дијагонално у односу на смер кретања возила. У зависности од позиционирања, вођице преносе силе

у попречном, уздужном или у оба смера. Ослањање треба генерално да буде што круће у бочном смеру, а што мекше у вертикалном смеру.

Тачке пресека оса зглобова у систему ослањања одређују начин понашања ослањања. Кретање система вођица може бити раванско (планарно), сферно или тродимензионално.



Слика 29: Приказ оса зглобова у систему ослањања [26]

Осе ротације код планарног система вођица су паралелне једна другој. Због тога је осе ротације носача тачка је паралелна осам ротације вођица. Точак се креће око осе у једној равни. Иако се осе обртања носача тачка током померања елемената вођења мења, она остаје паралелна линији „ m “.

Уколико осе ротације доњих вођица нису паралелне једна другој, а секу се у једној тачки у простору онда ће све тачке носача тачка вршити сферно кретање око те централне тачке (Z). За разлику од планарног система, осе обртања носача тачка неће остати паралелна првобитној позицији, већ ће се осе обртања носача тачка слободно обртати око централне тачке.

Ако осе обртања нису паралелне и не секу се, носач тачка се креће завојном путањом око осе „ s “.

Ово кретање је тродимензионално кретање у простору[26].

7. МУЛТИ-ЛИНК

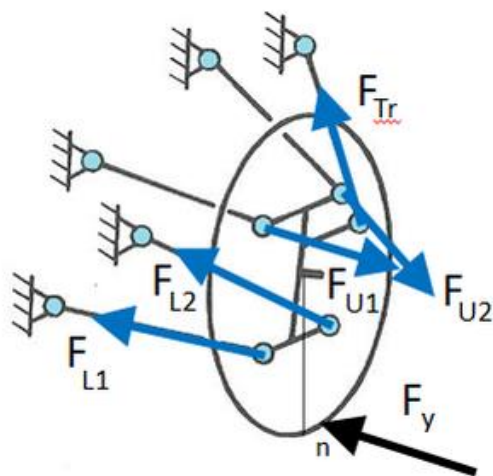
У претходном делу извршена је подела система ослањања на зависне и независне. За разлику од зависног ослањања (крути мост), код независног ослањања диференцијал је круто повезан с каросеријом, а еластично с точковима. Сваки точак посебно се води вођицама, полугама и раменима, а с диференцијалом је повезан полуосовинама са по два хомокинетичка зглоба.

Мулти-линкпредставља синоним за независно вишезглобноослањање, које осигурава најповољнију геометрију точкова у свим условима и самим тим побољшава стабилност без ремећења удобности.

Аутомобилско ослањање преузима уздужне и попречне силе које делују на точкове, претварајући целокупну потенцијалну енергију аутомобила и део кинетичке у енергију властите еластичне деформације. Ослањање пригушује преузета динамичка оптерећења, спречава вибрације каросерије и води точкове, уз минималне измене уздужног и бочног нагиба.

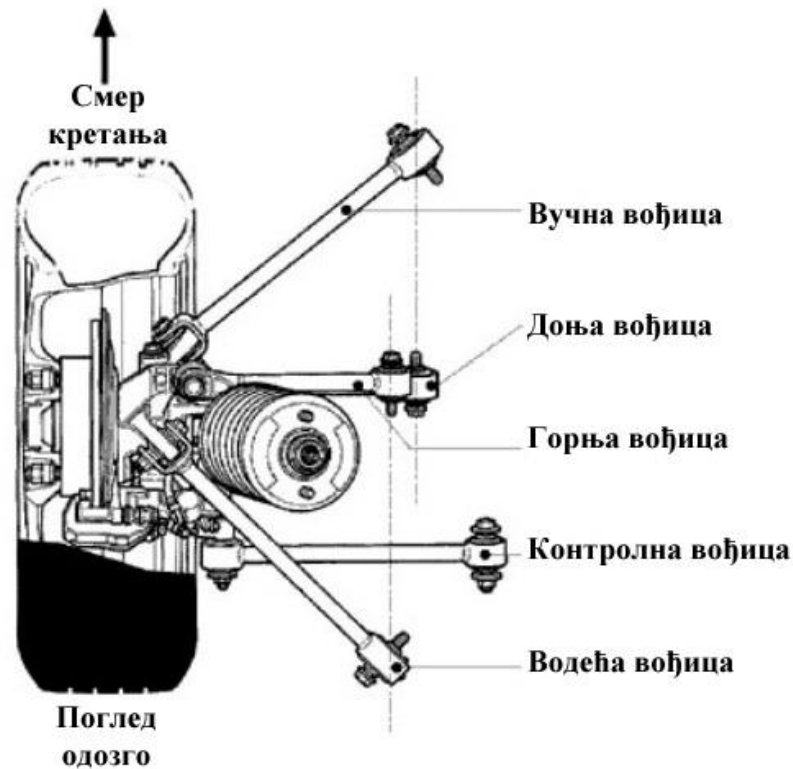


Слика 30: Мулти-линк систем ослањања[27]



Слика 31: Силе које делују на елементе система мулти-линка[28]

За стабилност је важно задржати најповољније углове уздужног и бочног нагиба точкова. Конструкције с једним уздужним или попречним раменом то нису омогућавале. То пружа управо мулти-линкослањање, које сједињује предности зависног и независног ослањања. Састоји се од вишеструких водилица, рамена и спојних елемената прилагођених еластично-пригушних својстава.



Слика 32: Елементи система мулти-линк ослањања [27]

Тиме омогућава самоуправљивост точкова (подешавање закренутости, уздужног и бочног нагиба), па ослањање самостално подешава путању и смањује заносење. То је важно код брзе вожње у кривини, посебно при наиласку на неравнину или клизаву подлогу, као и при наглom кочењу и убрзавању. Због великих предности, мулти-линк се уграђује у све више аутомобила на задње ослањање. Мане су висока цена и смањење простора (смањење пртљажника).

У средњој и вишој класи возила он је постао стандард, док је за нижу класу прескуп и троши превише простора, а у компактној (C -сегменту) ситуација је 50:50. Увео га је 1998. године Ford Focus, потом је 2003. године ту технологију увео Volkswagen, најпре за возило Audi A3 друге генерације, потом у Golf 5, Škoda Octavia II, Seat Altea...



Слика 33: Мулти-линк ослањање на возилу *Ford Focus*[29]

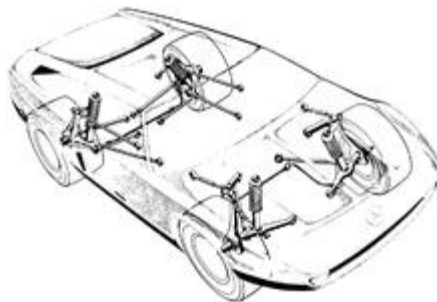
Тим су путем кренули Мазда 3, KiaCeed, Hyundai i30. Класично полукрутоослањање задржали су RenaultMegane, Citroën C4, OpelAstra.

Да су и компактној класи предности, у виду бољих возних својстава, и мане, тј. виша цена и смањење пртљажника, у балансу, показује стратегија концепта Volkswagen: А3 треће генерације, Golf VII, Octavia III користе мулти-линк позади (са моторима 2.0 TDI) а најбројнији модели с основним дизел мотором 1.6 TDI користе полукрутоослањање, као најбољи компромис за ту класу, у почетним опцијама[27].

7.1 Зачетак мулти-линк ослањања

Компанија Mercedes-Benz је шездесетих и седамдесетих година прошлог века отишла корак даље у производњи аутомобила и дизајнирала и изградила низ футуристичких прототипова. Покушај да се направи „супераутомобил“, резултирао је неколицином експерименталних аутомобила.

Први аутомобил са мулти-линк ослањањем био је Mercedes-Benz C111. Код овог аутомобила, компанија је експериментисала са новим технологијама мотора, укључујући Wankel моторе, дизел моторе и турбопуњаче. Остале експерименталне карактеристике обухватале су мулти-линкослањање, крила и луксузни ентеријер са кожном облогом и клима уређајем.



Слика 34: Концепт мулти-линк ослањања на возилу *Mercedes Benz C111*[30]

Из разних разлога, ниједан од експерименталних аутомобила није ушао у серијску производњу, али је добар део технологије која је за њих развијена присутан у данашњим аутомобилима.

7.2 Ford Focus - Први аутомобил са мулти-линк ослањањем у масовној производњи

После краха Mercedes-Benz C111 шездесетих година, три деценије касније, тачније 1998. године почела је производња аутомобила са мулти-линк ослањањем. Био је то Ford Focus.

Инжењери одговорни за развој модела Focus, укључујући Richard Parry-Jones-a, развили су задње независно ослањање мулти-линк, које је штедело на простору, а које се продавало под називом „controlblade“ ослањање, а које је изгледало као комбинација ослањања са више вођица и „double wishbone“ ослањања.

Систем је развијен из система који се користио у моделу CDV27 Ford Mondeo, али са разним модификацијама ради једноставније и јефтиније израде, а самим тим се добија јефтиније возило на масовном тржишту. Тамо где су многи конкуренти у компактној или малој породичној аутомобилској класи користили јефтиније полу-зависно задње ослањање са двоструком гредом, „controlblade“ је понудио побољшане еласто-кинематичке перформансе, односно добру контролу каросерије, оштро и прецизно управљање, без обзира на тип аутомобила, као и пријатнију вожњу преко неравних подлога.

За разлику од класичног мулти-линк ослањања, „control blade“ одликује се широком, једноставном, уједначеном дебљином, укрштеном челичном задњом вођицом са носачем главчине, која заузима место две уздужне постављене шипке, елиминише скупу ливену целину у виду греде и нуди исти ниво контроле возила, са нижим тежиштем, смањеном буком пута и нижим трошковима производње. Дуга задња бочна вођица контролише затур точка, пар краћих предњих бочних вођица, вертикално једна изнад друге, контролишу нагиб точка, а „control blade“ реагује на кочна и вучна оптерећења.

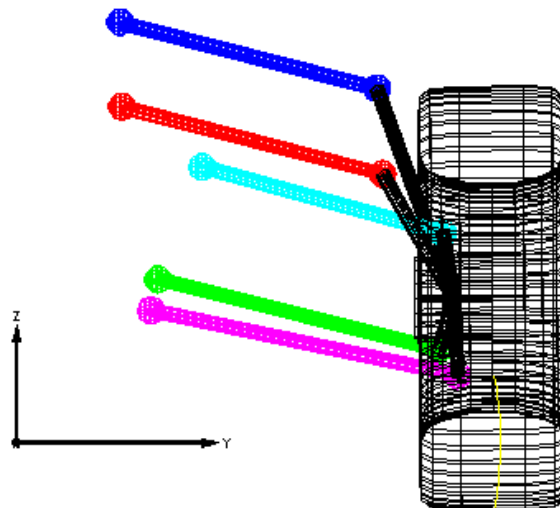
Након увођења ослањања „controlblade-a“ 1998. године и његове популаризације од стране Focus-a, други произвођачи, попут Volkswagen-a почели су нудити контруктивна задња ослањања са више веза у компактној класи или европској класи малих породичних аутомобила.



Слика 35: Приказ ослањања задње осовине возила Ford Focus[31]

7.3 Механизам мулти-линк

За разлику од McPherson-овог система ослањања код ког су за постављање носача потребне само две управљачке вођице да би биле чврсте, код мулти-линк ослањања потребне су најмање три бочне вођице и једна вертикална или уздужна. Сврха сваке вођице је да ограничи и/или спречи шест степени слободе осовине: горе и доле, лево и десно, напред и назад. Понекад неке вођице имају зглобове под одређеним углом дуж своје дужине да би постигле потребан зазор око осовине, уз постизање правилног угла причвршћивања на главчину точка.

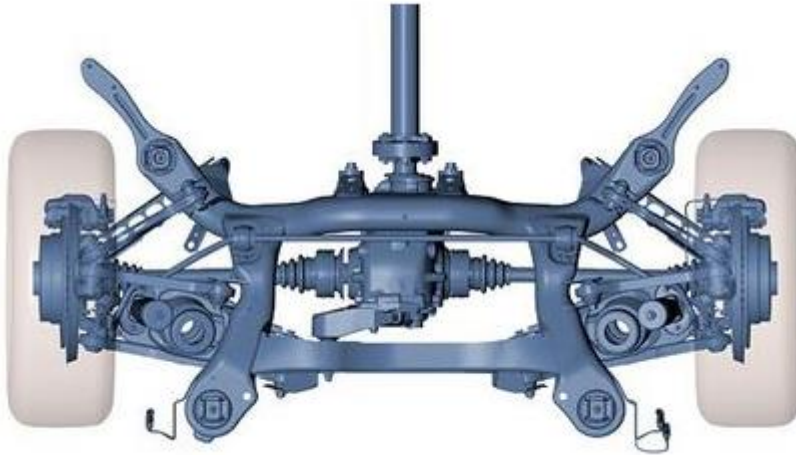


Слика 36: Механизам мулти-линк ослањања[32]

Заједно оне позиционирају точак на право место и формирају крути оквир који спречава да се он креће на било који начин на који не би смео. Свака вођица је

монтирана на спојеве на оба краја и може се вертикално кретати ходом опруге, али нигде другде осим ако вођице не постану савитљиве или сломљене.

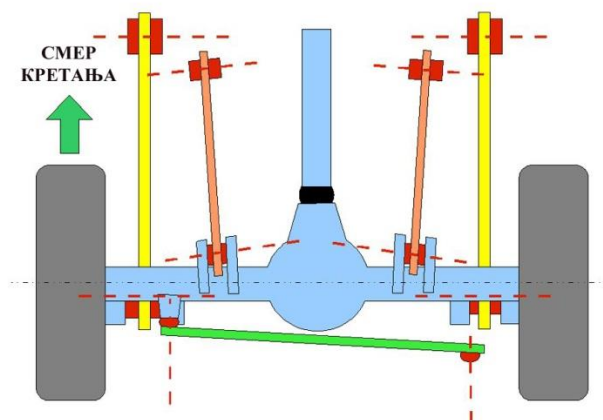
Мулти-линк механизам, обично са четири или пет вођица омогућава висок квалитет вожње и прецизноуправљање. Бочно је крут, тако да се тако опремљен аутомобил неће кретати кроз кривине једнако као код других изведби, али такође омогућава глатко, независно кретање точка чак и преко великих удара.



Слика 37: Мулти-линк ослањање на задњој осовини[32]

Примена мулти-линк ослањања није ограничена само на независно ослањање. Круте осовине често користе мулти-линк које се подупиру стабилизаторима, вођицама, опругама и амортизерима. Мулти-линк систем за ослањање је јефтин и једноставан за састављање, због чега је у САД-у популаран дуги низ година.

Једна од главних предности мулти-линка је та што инжењери могу да мењају један једини параметар ослањања, а да не утичу на било шта друго. Нпр. код дизајна „doublewishbone“ увек се мењају најмање два, о чему ће бити више речи касније. Мулти-линк такође може да одржи точак мање или више нормално (вертикално) на путу, максимизирајући ослањање пнеуматика на тло.



Слика 38: Мулти-линк ослањање на задњој осовини, где је погонски мост крут[32]

Мулти-линк се такође може користити и на предњем делу, где је једна вођица везана за управљач, али је то и даље ређе. Неки BMW-ови користе тип мулти-линк ослањања са предње стране, а Hyundaiје исто покушао са својим Genesis-ом.

7.4 Предности мулти-линк ослањања

Предност троугластог и двостраног распореда вођица је у томе што им не треба „Panhard“ полуга. Предности овога су повећана артикулација и потенцијална лакоћа уградње. Мулти-линк за круте осовине нуди предност у односу на независно мулти-линк ослањање јер је значајно јефтинији и много мање сложен за израду.

Мулти-линк систем ослањања због своје сложености обезбеђује много прецизније управљање возилом у односу на остале системе ослањања. Приликом кретања возила у кривини овај систем ће због своје геометрије задржати максимално пријањање точкова на тло чиме се побољшава стабилност возила. Још неке од предности овог система ослањања су и:

- смањене вредности неослоњене масе;
- померање једног точка исте осовине не утиче на померање другог точка;
- једноставна изолација вибрација и акустичних ефеката са подлоге;
- не постоји ефекат самоуправљивости;
- Велики број кинематских конфигурација при конструисању

7.5 Недостаци мулти-линк ослањања

Мулти-линк ослањање је скупо и сложено. Такође је тешко подесити геометрију без комплетне 3Д рачунарске компјутерске анализе. Усклађеност под оптерећењем може имати важан ефекат и мора се проверити помоћу софтвера за симулацију више тела. Још неки од недостатака овог система ослањања су:

- повезаност осовине и одстојање од подлоге су ограничени
- робусност мања него код крутих осовина

Због трошкова и комплексности велики број произвођача своја мања возила опрема независним системом ослањања предње осовине, а задња осовина је изведена зависним или полузависним системом ослањања.

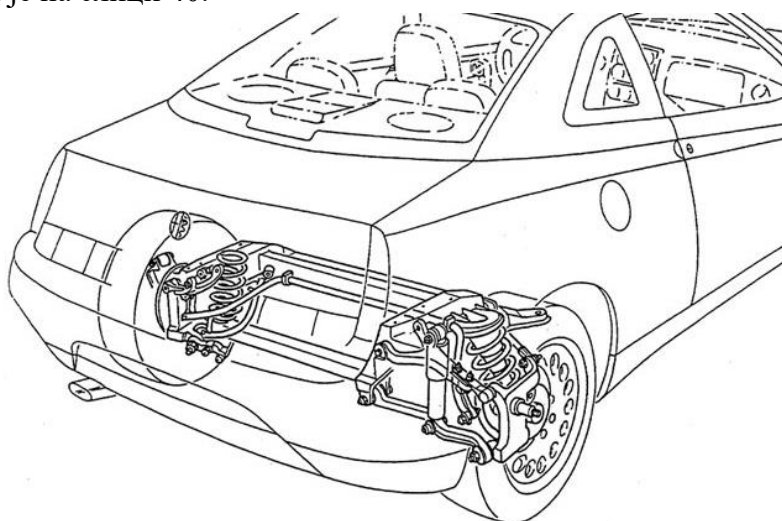
7.6 Примери примене мулти-линк ослањања

Пример мулти-линк ослањања на предњој осовини код возила Nissan Skyline GT-R приказан је на слици 39.



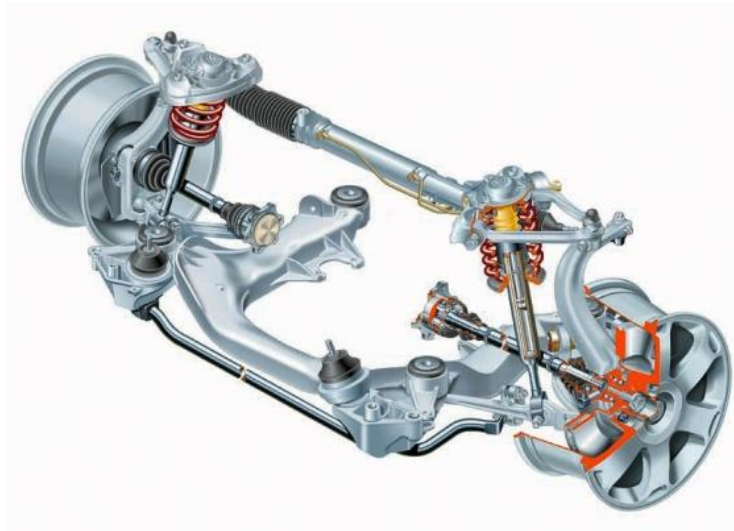
Слика 39: Мулти-линк ослањање на предњој осовини [33]

Пример мулти-линк система ослањања на задњој осовини на возилу Alfa Romeo GTV приказан је на слици 40.

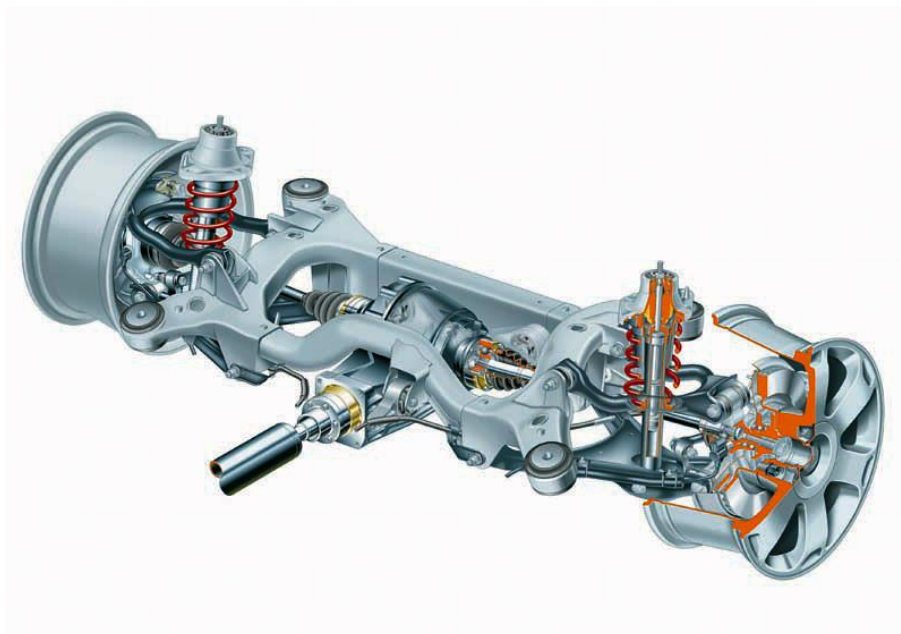


Слика 40: Мулти-линк ослањање на задњој осовини[34]

На слици 41 приказан је мулти-линк систем ослањања, такође познат под називом „double wishbone“. Конкретан модел ослањања са слике користи се на возилу Audi A3, и то на предњој осовини. У случају задње осовине систем се незнатно разликује, што се може видети да слици 42.

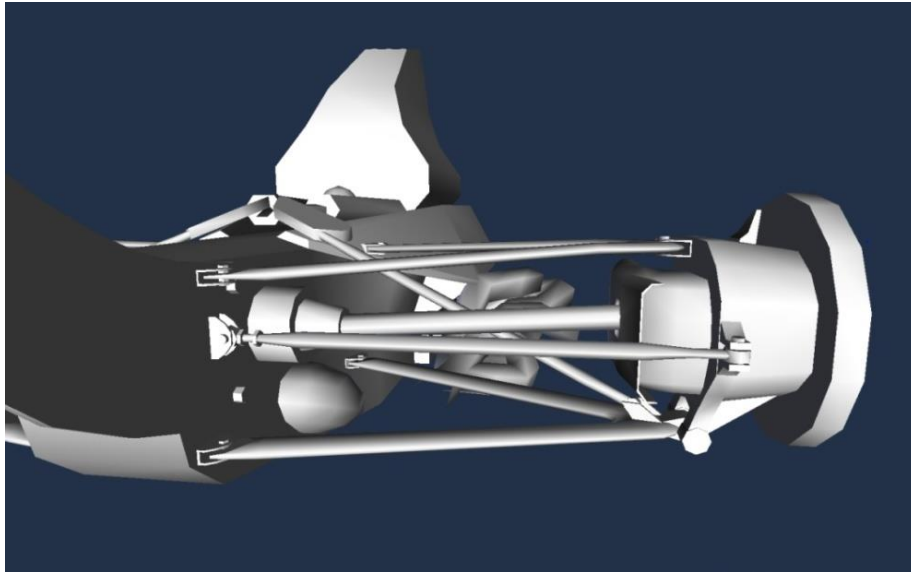


Слика 41: Double wishbone систем ослањања код возила Audi A3[27]



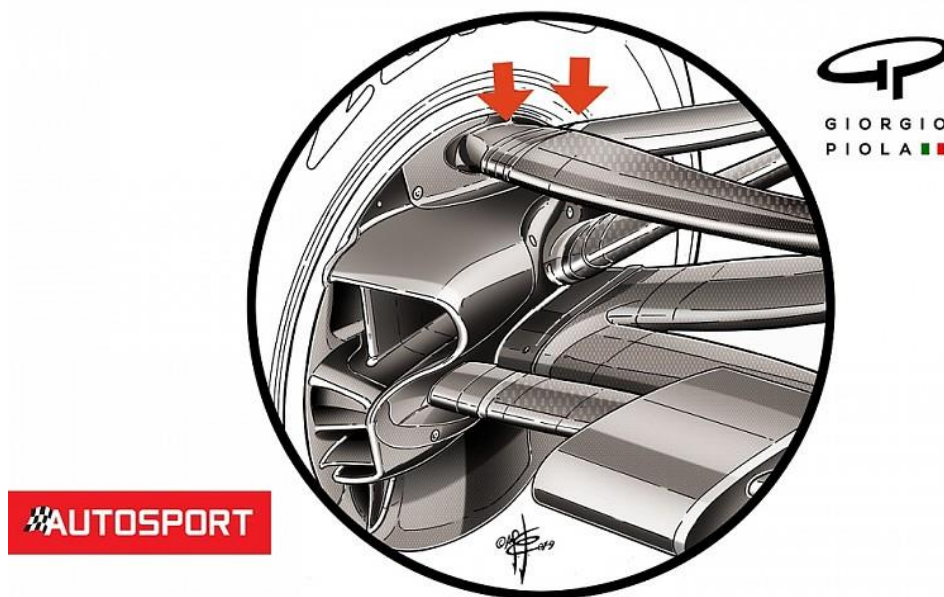
Слика 42: Систем ослањања код возила Audi A3 на задњој осовини[27]

Мулти-линк систем ослањања се увелико примењује код тркачких аутомобила. Пример овог ослањања на возилу формуле 1 приказан је на следећој слици.



Слика 43: Мулти-линк систем ослањања код возила формуле 1 [35]

Пошто се од возила формуле 1 захтева велика брзина, висок ниво стабилности и управљивости, све више се прибегава изради делова од композитних материјала као што су угљенична влакна. Тако се, ради уштеде на тежини, елементи система мулти-линк ослањања на возилу формуле 1 израђује од угљеничних влакана, што се може видети на наредној слици.



Слика 44: Вођице код мулти-линк ослањања израђене од угљеничних влакана [36]

Мулти-линк систем ослањања нашао је примену и у војним возилима. Канадска компанија Meritor бави се израдом система ослањања за војна возила. Израдили су универзални систем независног ослањања који је нашао примену у великом броју војних возила. На наредној слици може се видети систем ослањања ProTec Independended Suspension Axle System (ISAS) поменуте фирме.



Слика 45: „ProTec Independent Suspension Axle System“ [37]

Неке од добрих страна овог система ослањања у односу на комерцијалне системе ослањања код војних возила је то што се за њихову израду користи комбинација лаганих материјала. Такође овај систем нуди врхунски баланс приликом утовара било каквог терета у возило, заузима мању запремину на возилу и тиме повећава користан простор на возилу за додавање ојачања. Помоћу овог система на управљачкој осовини омогућава се побољшана покретљивост и управљивост која се захтева у екстремним борбеним окружењима

Последњих година радило се на унапређењу система ослањања и код бицикала, тако да је овај систем ослањања заживео и у тој сфери. Компанија Trust Performance развила је мулти-линк предњи систем ослањања за бицикл. Систем се састоји из више вођица унутар чије конструкције се налази пригушни елемент и опруга, помоћу којих се овом систему обезбеђује одређена крутост. Изглед овог система може се видети на наредној слици.

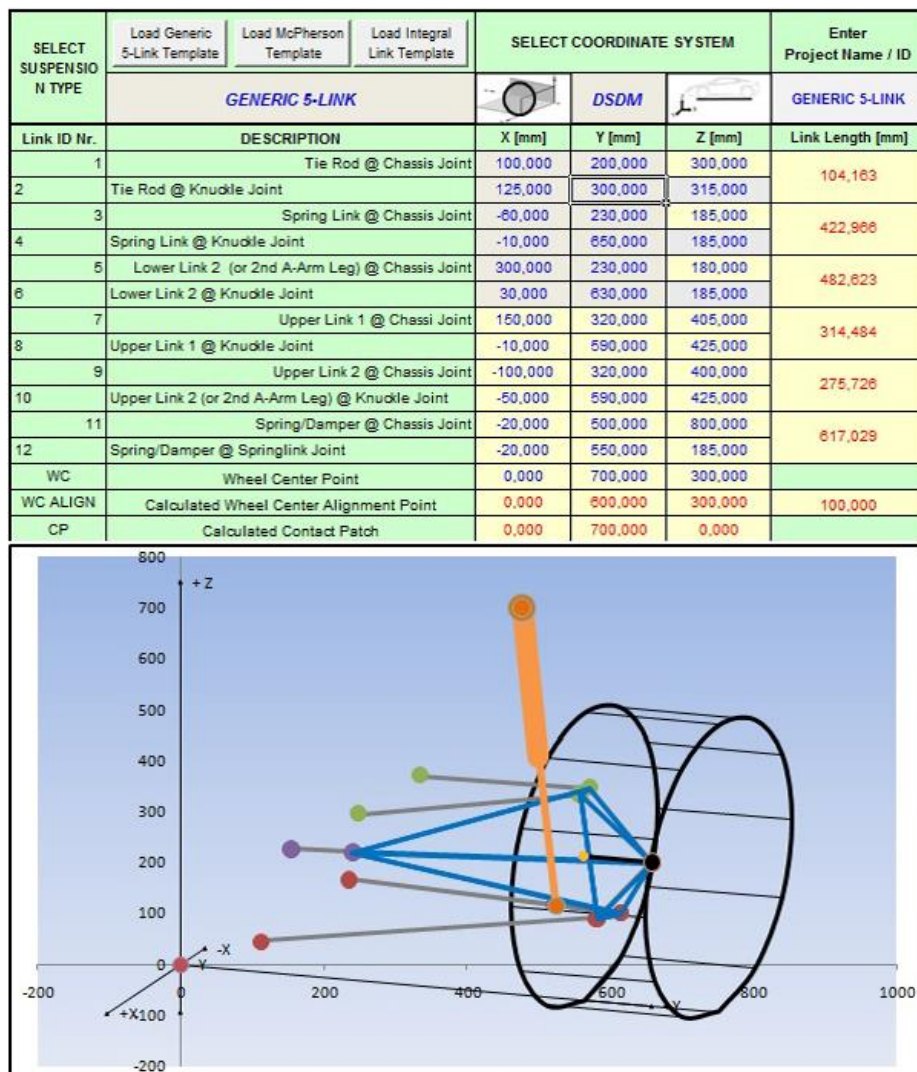


Слика 46: Trust Performance систем ослањања за бицикл [38]

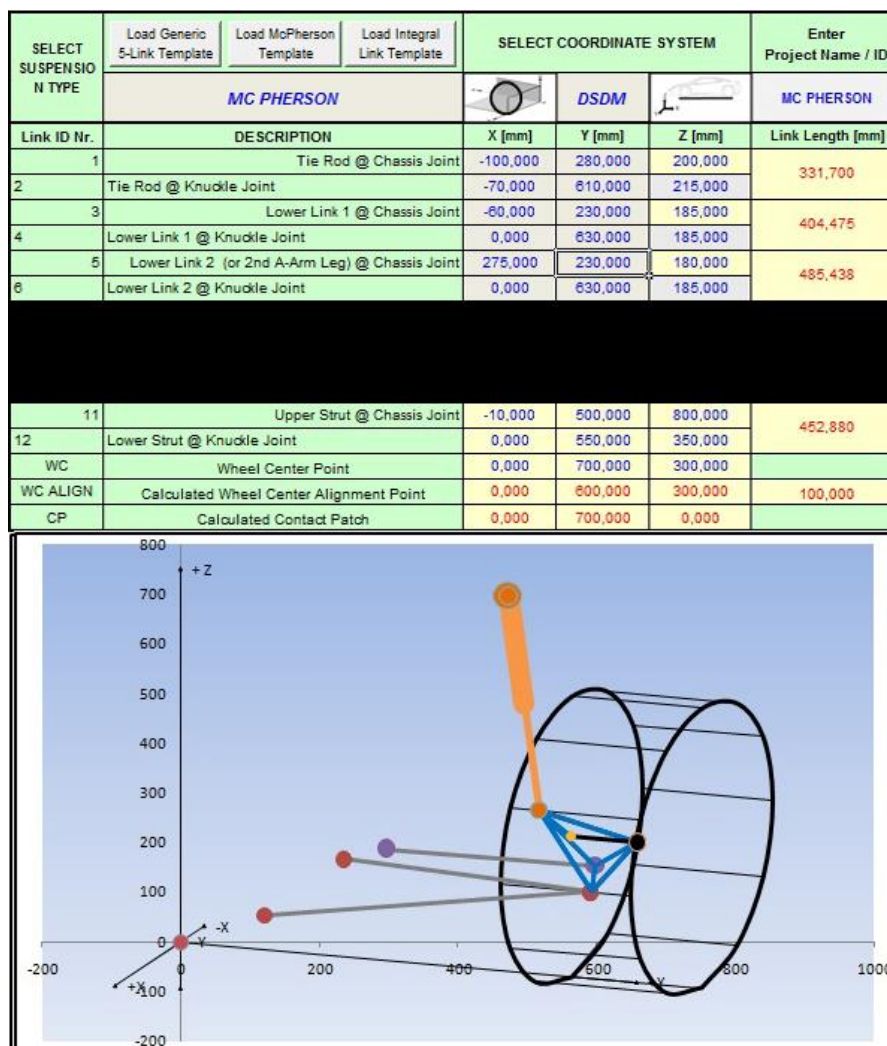
8. ПОРЕЂЕЊЕ КИНЕМАТИКЕ КОД МУЛТИ-ЛИНК И McPHERSON ОСЛАЊАЊА У СОФТВЕРУ DYNATUNE

Следећи део рада посвећен је поређењу кинематике кретања код мулти-линк и McPherson ослабања. Кинематичке симулације вршене су у софтверу Dynatune где су креирани модели мулти-линк и McPherson система ослабања са потребним вођицама, опругом и амортизером.

На следећим сликама приказан је уводни део софтвера са датим параметрима, координатама, дужинама елемената вођицакод мулти-линк и McPherson систему. Такође може се видети једноставан приказ модела са свим елементима у Декартовом координатном систему са x , y и z осом. Као референтни модел узима се предњи леви точак возила.

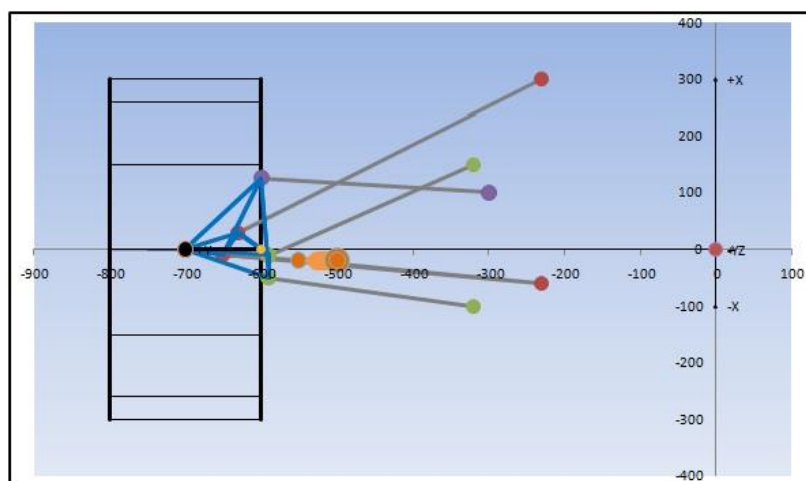


Слика 47: Параметри елемената и приказ модела мулти-линк ослабања у Декартовом координатном систему

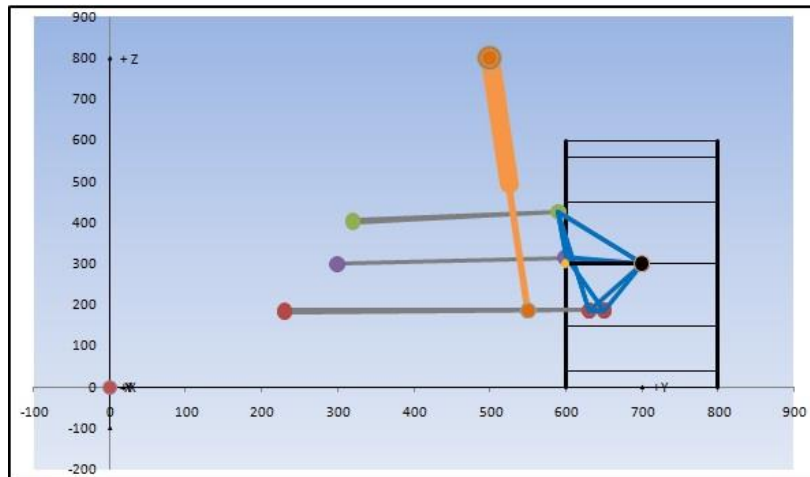


Слика 48: Параметри елемената и приказ модела McPherson ослањања у Декартовом координатном систему

На сликама 49 и 50 приказан је мулти-линк систем ослањања са погледом одозго и спреда.

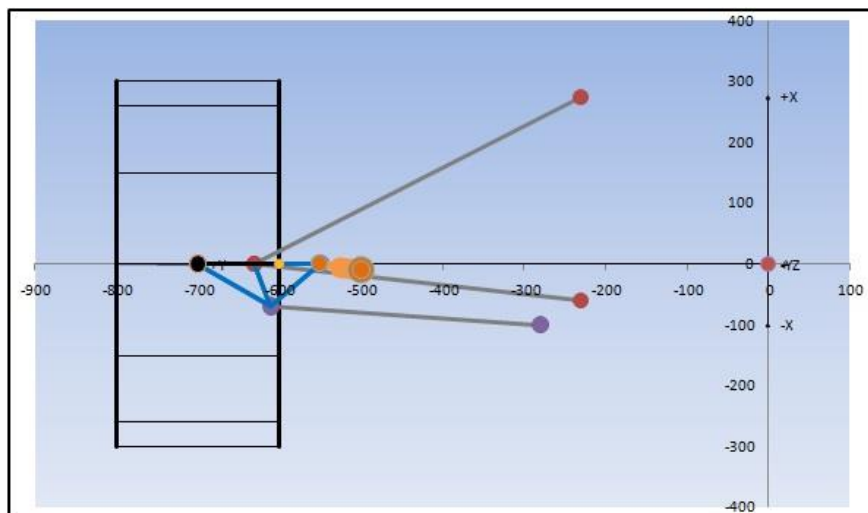


Слика 49: Мулти-линк систем ослањања – поглед одозго

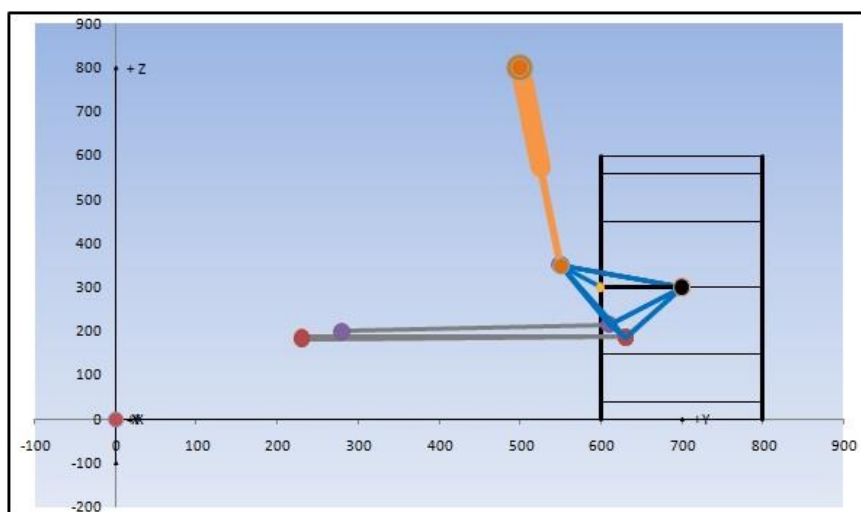


Слика 50: Мулти-линк систем ослањања – поглед спреда

На сликама 51 и 52 приказан је McPherson систем ослањања са погледом одозго и спреда.

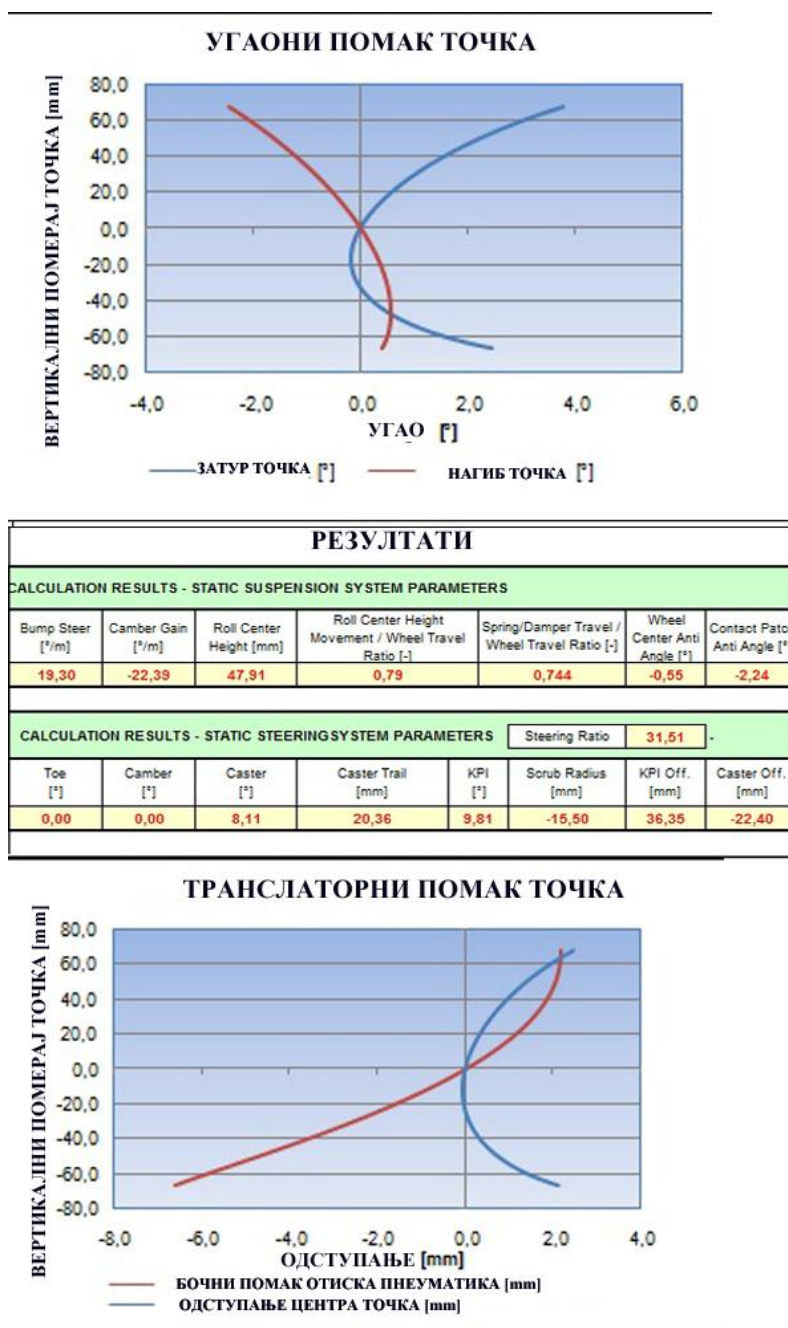


Слика 51: McPherson систем ослањања – поглед одозго

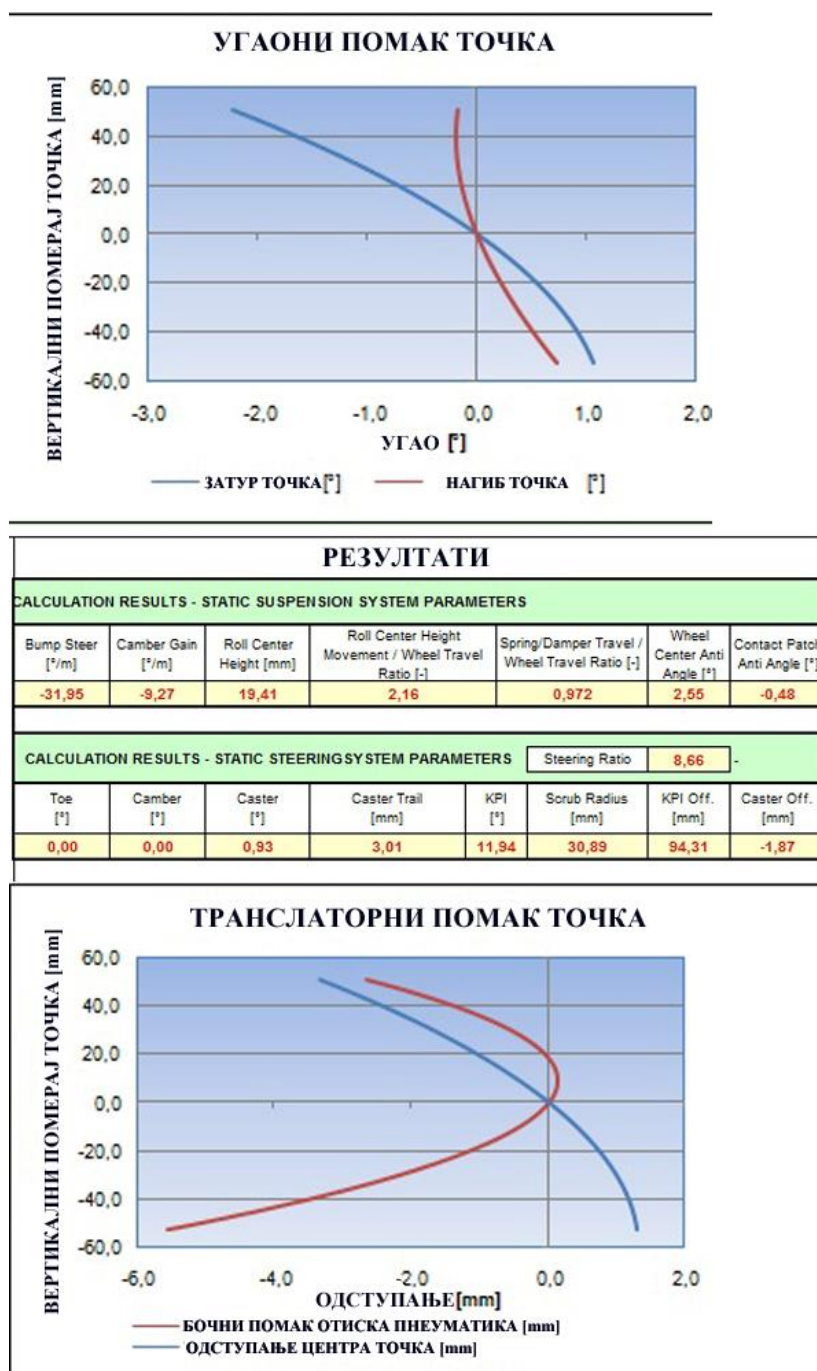


Слика 52: McPherson систем ослањања – поглед спреда

Након стартовања рада софтвера врши се симулирање неравнине на путу (побуда система) које је у оба случаја (код мулти-линк и McPherson система ослањања) једнако. На крају симулације добија се велики број резултата у виду графика на основу којих се могу уочити разлике у кинематици ова два система ослањања, а они су приказани на следећим сликама.



Слика 53: Графици са угаоним помаком точка (лево), и транслаторним помаком точка (десно) код мулти-линк ослањања



Слика 54: Графици са угаоним помаком точка (лево), и транслаторним помаком точка (десно) код McPherson ослањања

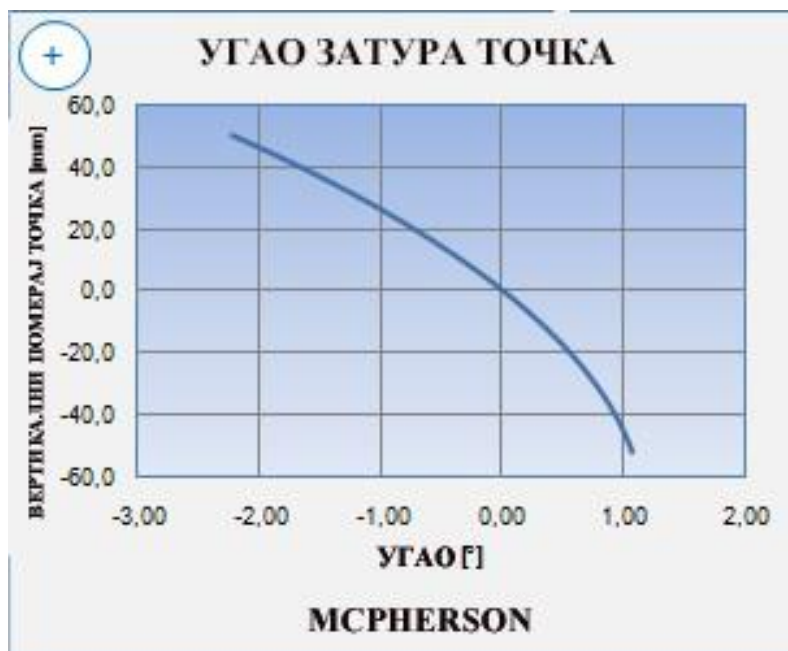
На графику са угаоним помаком точка плавом бојом означен је угао затура точка, док је црвеном бојом означен угао нагиба точка. Са друге стране, на графику са транслаторним помаком точка црвеном бојом означен је бочни помак отиска пнеуматика док је плавом бојом означено одступање центра точка. Јасно се види разлика између мулти-линк ослањања и McPherson ослањања. Приликом нагињања возила, током скретања, нагиб точка код мулти-линк ослањања ће бити већи, што обезбеђује боље пријањање пнеуматика на тло, а самим тим обезбеђује већу стабилност возила. Такође, приликом нагињања возила са мулти-линк ослањањем

транслаторни помак точка код овог система је погоднији у односу на McPherson систем ослањања јер ће добијени транслаторни помак точка обезбедити већи траг точкова а самим тим и већу стабилност возила.

На сликама 52 и 53 приказане су промене угла затура точка у зависности од вертикалног помераја точка.



Слика 55: Угао затура точка код мулти-линк система ослањања



Слика 56: Угао затура точка код McPherson система ослањања

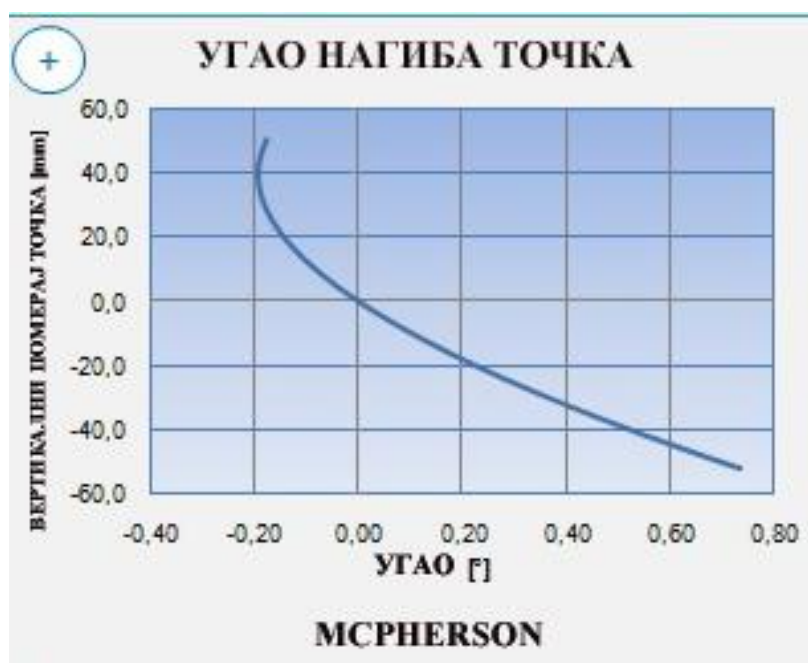
Са датих дијаграма се може уочити разлика између промене угла затура точка, где се јасно може видети да се код система ослањања мулти-линк углови крећу у позитивном смеру док се код McPherson система ослањања углови крећу од позитивног

ка негативном, што може утицати на прецизност управљања возилом приликом промене правца уколико се ослањање оптерећено.

На сликама 57 и 58 приказани су дијаграми промене угла нагиба точка у зависности од вертикалног помераја точка.



Слика 57: Угао нагиба точка код мулти-линк система ослањања



Слика 58: Угао нагиба точка код McPherson система ослањања

Са дијаграма се може учити знатна промена угла нагиба точка код мулти-линк система ослањања која се на конкретном примеру креће и до вредности $-2,5^{\circ}$ што може

обезбедити боље пријањање пнеуматика на тло приликом промене правца кретања и нагињања возила.

На сликама 59 и 60 приказани су дијаграми одступања центра точка у зависности од вертикалног помераја точка.



Слика 59: Одступање центра точка код мулти-линк система ослањања



Слика 60: Одступање центра точка код McPherson система ослањања

Систем ослањања мулти-линк обезбеђује позитивно одступање координате центра точка приликом вертикалног помераја точка, што обезбеђује повећање трага

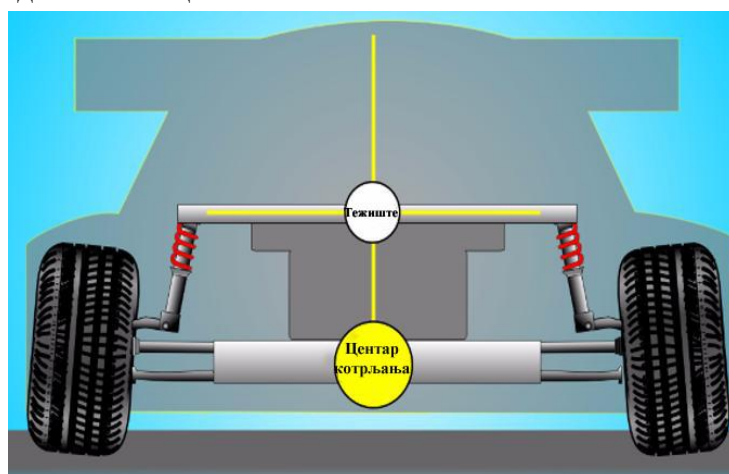
точка и саму стабилност возила при промени правца кретања. Са друге стране, код McPherson система ослањања траг точкова ће се смањити током нагињања возила тако да има мању стабилност у односу на мулти-линк систем ослањања.

На слици 58 приказана је вредност вертикалног померања центра котрљања возила у зависности од промене угла нагиба возила. Плавом бојом означен је мулти-линк систем ослањања док је црвеном бојом означен McPherson систем ослањања.



Слика 61: Приказ вертикалног померања центра котрљања у зависности од промене угла нагиба возила

Центар котрљања возила је замишљена тачка на коју се преко система ослањања преносе силе током промене правца кретања возила. Илустрација центра котрљања возила се може видети на слици 59.



Слика 62: Центар котрљања и тежиште возила [39]

Са слике 62 се јасно може уочити разлика између мулти-линк и McPherson система ослањања. Приликом нагињања возила током промене правца кретања са мулти-линк ослањањем долазиће до минималног вертикалног померања центра котрљања возила, док ће у случају са McPherson системом ослањања доћи до знатног помераја центра котрљања возила а тако и доћи до промене висине тежишта возила. У случају возила са мулти-линк системом ослањања тежиште ће се минимално вертикално померати и тиме ће задржати своју стабилност приликом промене правца кретања.

На слици 63 приказана је вредност бочног померања центра котрљања возила у зависности од промене угла нагиба возила, где је плавом бојом означен мулти-линк систем ослањања, а црвеном бојом McPherson систем ослањања.



Слика 63: Приказ бочног померања центра котрљања у зависности од промене угла нагиба возила

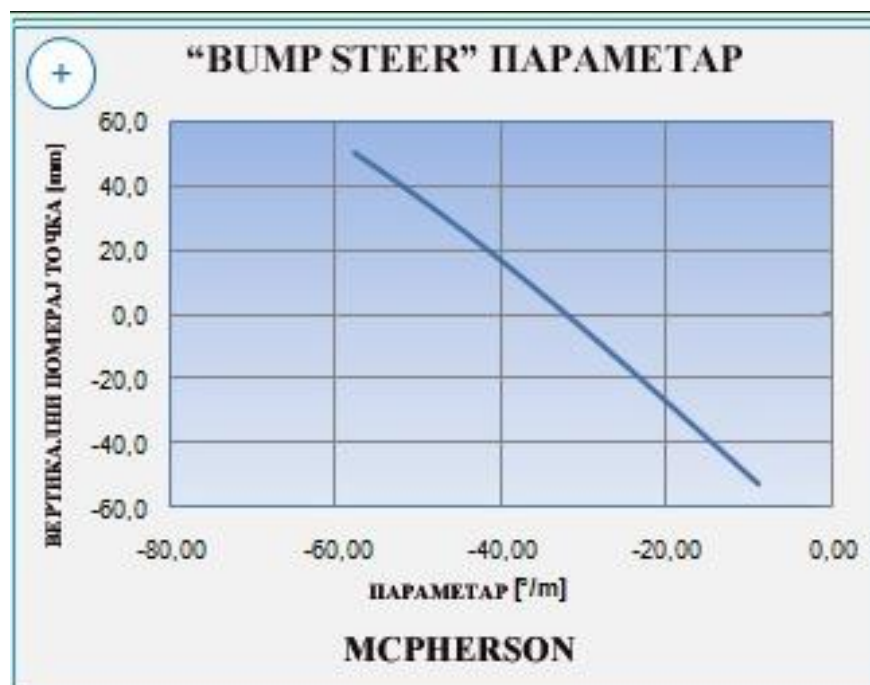
Мулти-линк систем ослањања ће обезбедити минималан бочни померај центра котрљања возила приликом промене угла нагиба возила док ће возило са McPherson системом ослањања трпети знатни бочни померај центра котрљања возила.

Још један значајан параметар код система ослањања је тзв. „bump steer“. Наиме, приликом преласка возила преко неравнина, ослањање возила ће утицати на вредност угла затвора точка, тако да ће се током вожње то преносити на управљачки точак унутар возила.



Слика 64: Утицај преласка возила са мулти-линк ослањањем преко неравнина на вредност „bump steer“ параметра

Вредност „bump steer“ параметра се изражава у $\frac{^\circ}{m}$, и код возила са мулти-линк системом ослањања ће варирати у великим вредностима, док код система са McPherson ослањањем има готово линеарну промену са искључиво негативном вредношћу, што се може видети на дијаграмима са слика 64 и 65.



Слика 65: Утицај преласка возила са McPherson ослањањем преко неравнина на вредност „bump steer“ параметра

Утицај угла нагиба возила на промену угла нагиба точка приказан је на сликама 66 и 67. Симулацијом предњег левог точка возила приликом нагињања возила у десну страну добијени су следећи резултати мерења.



Слика 66: Утицај промене угла нагиба возила на угао нагиба точка (мулти-линк систем ослањања)

За дати случај кретања возила остварују се негативне вредности угла нагиба точка што је погодно за пријањање пнеуматика. Негативне вредности нагиба точка приликом скретања обезбеђују равномерно распоређивање сила са точкава на подлогу чиме се добија боља контрола приликом промене правца кретања.



Слика 67: Утицај промене угла нагиба возила на угао нагиба точка (McPherson систем ослањања)

Готово линеарна промена угла нагиба точка јавља се у случају McPherson система ослањања. Поређењем графика са слике 66 и графика са слике 67 може се установити да су резултати угла нагиба точка при промени угла нагиба возила супротних вредности.

9. ЗАКЉУЧАК

Циљ овог мастер рада је приказати напредак система ослањања кроз историју. Некада су аутомобили развијени као самоходне верзије кочија које су вукли коњи, с тим што су оне биле дизајниране за релативно мале брзине. Први функционалан систем, који је користио опруге, захтевао је напредније знање и вештину из металургије, а постао је могућ с развојем индустријализације.

Задатак система за ослањање је да обезбеди еластичну везу између точкова и каросерије, односно да све силе и моменте који се појављују између точкова и тла приликом кретања возила пренесу на оквир или каросерију уз што веће ублажавање ударних оптерећења, као и уз обезбеђење максималне стабилности возила, нарочито при кретању у кривинама.

Може се закључити да су, како технологија и начини израде напредују, системи ослањања постали све комплекснији али уједно и сигурнији по питању управљивости и стабилности возила. За стабилност је важно задржати најповољније углове уздужног и бочног нагиба точкова. Конструкције с једним уздужним или попречним раменом то нису омогућавале, тако да је развијен мулти-линк систем ослањања, које сједињује предности зависног и независног ослањања. Управо зато овај систем налази примену у великом броју друмских возила.

На основу добијених дијаграма из софтвера Dynatune могу се поредити многобројни резултати код мулти-линк и McPherson система ослањања. На основу њих могу се видети добре стране мулти-линк ослањања, као и закључити да овај систем пружа изузетну стабилност возила у разним условима кретања. Најбитније је да овај систем задржи првобитну геометрију точка и обезбеди крут систем који ће утицати на саму безбедност возача и путника.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сувенири Србије. Интернет адреса: <https://www.suvenirisrbije.com/suveniri-srbije-suvenir-Taljige-102>, приступљено 16-10-2019
- [2] Њушкало. Интернет адреса: <https://www.njuskalo.hr/prikolice-plovila/osovine-prikolice-atestirane-ogibljenje-lisnate-opruge-700.00-kn-oglas-16055204>, приступљено 16-10-2019
- [3] Introduced in 1906, Ford Model N became the bestselling car in America at \$500, Давид Горан. Интернет адреса: <https://www.thevintagenews.com/2016/05/02/introduced-1906-ford-model-n-became-bestselling-car-america-500/>, приступљено 16-10-2019
- [4] Racecar Engineering. Интернет адреса: <https://www.racecar-engineering.com/articles/f1/understanding-the-j-damper/>, приступљено 16-10-2019
- [5] Wong, J. Y.: *Theory of ground vehicles*, John Wiley & Sons Inc., New York, 2001
- [6] Симић, Д.: *Динамика моторних возила*, Научна књига, Београд, 1998
- [7] Јанковић, А.: *Динамика аутомобила*, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2008
- [8] Control Arm Basic, What do Control Arms do? Интернет адреса: <https://www.1aauto.com/content/articles/control-arms>, приступљено 16-10-2019
- [9] Предмет: Машински Елементи и Лиснате опруге и Гибан 12, Александар Симић. Интернет адреса: https://www.academia.edu/7219082/Predmet_Ma%C5%A1inski_Elementi_I_Lisnate_opruge_i_Gibanj_12, приступљено 16-10-2019
- [10] 123RF, 3d rendering. Leaf spring suspension of pick up car truck. Spare parts for truck heavy duty. Truck spring auto parts. Интернет адреса: https://www.123rf.com/photo_124936272_3d-rendering-leaf-spring-suspension-of-pick-up-car-truck-spare-parts-for-truck-heavy-duty-truck-spr.html, приступљено 16-10-2019
- [11] Made in China, Connecting Buyers with Chinese Suppliers. Интернет страница: <https://coil-spring.en.made-in-china.com/product/qyJEpaehLhj/China-4X4-Suspension-Spring-Car-Shock-Absorber-Coil-Spring-for-Jeep-Wrangler-Jk.html>, приступљено 16-10-2019
- [12] DIY Trade, Global B2B Trading Platform. Интернет адреса: https://www.diytrade.com/china/pd/9087485/Automobile_Torsion_Bar_Spring.html, приступљено 16.10.2019.год
- [13] Mlfree. Интернет адреса: <https://mlfree.com/sistemi-oslanjanja/>, приступљено 19-10-2019
- [14] Motorcraft® - Suspension Control Arm and Ball Joint Assembly. Интернет адреса: <https://www.carid.com/motorcraft/suspension-control-arm-and-ball-joint-assembly.html>, приступљено 19-10-2019

- [15] Halfords autocentre, How Your Car's Suspension Works. Интернет адреса: <https://www.halfordsautocentres.com/advice/car-repairs-advice/how-your-cars-suspension-works>, приступљено 19-10-2019
- [16] Др Демић М.: *A Contribution to Passive Shock Absorber Force Investigation*, Крагујевац, 2014
- [17] NADA SCIENTIFIC, Gas Shock Absorber. Интернет адреса: <https://nadascientific.com/default/gas-shock-absorber.html>, приступљено 20-10-2019
- [18] The design, development and applications of MagneRide suspension. Интернет адреса: <https://www.autocar.co.uk/car-news/new-cars/design-development-and-applications-magneride-suspension>, приступљено 13-10-2019
- [19] Quora, What is the difference between sway bar and anti roll bars? Vinayak Maharshi. Интернет адреса: <https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-sway-bar-and-anti-roll-bars>, приступљено 20-10-2019
- [20] 308 Restoration, More anti-roll bar antics. Интернет адреса: <http://308restoration.com/2017/02/more-anti-roll-bar-antics/>, приступљено 20-10-2019
- [21] Mlfree. Интернет адреса: <https://mlfree.com/mehanizmi-za-vodenje-tockova-zavisno-oslanjanje/>, приступљено 20-10-2019
- [22] Quora, What are the types of suspension systems in a vehicle?. Интернет адреса: <https://www.quora.com/What-are-the-types-of-suspension-systems-in-a-vehicle>, приступљено 20-10-2019
- [23] FACTORY FIVE RACING, Buil, Not Bought®. Интернет адреса: <https://www.factorfive.com/galleries/type-65-coupe/independent-front-suspension/>, приступљено 20-10-2019
- [24] МЕСКрuseвац.инфо. Интернет страница: <http://meskrusevac.inforbiro.com/saobracaj/images/download/Oslanjanje.pdf>, приступљено 20-10-2019
- [25] CARICOS. Интернет страница: https://www.caricos.com/cars/h/honda/2012_honda_cr-z/images/163.html, приступљено 20-10-2019
- [26] Mlfree. Интернет адреса: <https://mlfree.com/mehanizmi-za-vodenje-tockova-nezavisni-sistemi/>, приступљено 20-10-2019
- [27] AutoNovosti, Multilink. Интернет адреса: <https://autonovosti.com/multilink/>, приступљено 20-10-2019
- [28] DYNATUNE-XL. Интернет адреса: <http://www.dynatune-xl.com/modeling-sdm.html>, приступљено 20-10-2019

[29] Отличия европейского и американского Фокуса, Езжу уже 6К миль. Интернет адреса: http://faq.ford77.ru/choice/focus03/rear_suspension_focus.htm, приступљено 20-10-2019

[30] Wikimedia. Интернет адреса: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/14/Mercedes-Benz_C111_suspension.PNG/220px-Mercedes-Benz_C111_suspension.PNG, приступљено 20-10-2019

[31] ADNY'S AUTOSPORT. Интернет адреса: https://www.andysautosport.com/additional_info/progress-rear-anti-sway-bar-in-2001-zx3.html, приступљено 20-10-2019

[32] CarThrottle. Интернет адреса: <https://www.carthrottle.com/post/what-is-multi-link-suspension-and-how-is-it-used/>, приступљено 20-10-2019

[33] SKYLINE GTR & INFINITI. Интернет адреса: <http://www.jbskyline.net/r34/gtr/pictures/large/picture20.php>, приступљено 20-10-2019

[34] Squadra 916. Интернет адреса: <http://www.squadra916.com/forums/topic/1405-alfa-romeo-916-gtv-and-spider-the-complete-story/>, приступљено 20-10-2019

[35] Autoevolution. Интернет адреса: <https://www.autoevolution.com/news/how-does-f1-suspension-work-6695.html>, приступљено 20-10-2019

[36] AUTOSPORT, Red Bull's unique 2019 front suspension layout revealed, Giorgio Piola. Интернет адреса: <https://www.autosport.com/f1/news/143023/red-bull-unique-2019-suspension-revealed>, приступљено 23-10-2019

[37] ProTec™ Series independent suspension axle system (ISAS®), Интернет адреса: <https://www.meritor.com/products/suspensions/protect-high-mobility-independent-suspensions>, приступљено 11-08-2019

[38] TrustPerformance. Интернет адреса: <https://trustperformance.com/products/message>, приступљено 24-10-2019

[39] RAPID-RACER. Интернет адреса: <http://www.rapid-racer.com/suspension-tuning.php>, приступљено 24-10-2019