

**Факултет инжењерских наука Универзитета у
Крагујевцу**



Назив студијског програма: Аутомобилско инжењерство
Ниво студија: Мастер академске студије
Предмет: Динамичке симулације и прорачун возила
Број индекса: 412/2018

Марко Г. Радовић

**Системи еластичног ослањања
задње осовине путничких возила**

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Јасна Глишовић - ментор
2. _____
3. _____

Датум
одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

1. Прикаже историјски развој система еластичног ослањања на задњој осовини путничких возила
2. Објасни основне појмове динамике возила
3. Објасни специфичне задатке система ослањања задње осовине погонског агрегата моторних возила
4. Систематизује различите врсте еластичног ослањања и дефинише његове основне елементе
5. Назначи разлике између независног и полузависног система ослањања на задњој осовини
6. Изврши поређење геометрије полузависног и независног система ослањања у софтверу „SUSProg3D“

Препоручена литература:

- [1] Alma Hillier „*Hillier-Hillier's fundamentals of motor vehicle technology. Book 1*“ Nelson Thornes, 2011
- [2] David C Barton, John D Fieldhouse „*Automotive Chassis Engineering*“ University of Leeds, UK, 2018
- [3] Giancarlo Genta „*The Motor Car. Past, Present and Future Springer*“, Netherlands, 2014
- [4] Jack Erjavec „*Automotive Technology. A Systems Approach*“ Delmar Cengage Learning, 2009
- [5] Julian Hapian-Smith, „*An Introduction to Modern Vehicle Design*“ Reed Educational and Professional Publishing Ltd, 2002
- [6] Don Knowles, „*Automotive suspension and steering systems, Fourth Edition*“, Cengage Delmar Learning, 2007
- [7] David A.Crola, „*Automotive Engineering Powertrain, Chassis System and Vehicle Body*“, 2009
- [8] Ivan Filipović, „*Cestovna vozila, Priručnik za vođitelje stanica tehničkih pregleda vozila*“ Mervik, Sarajevo, 2012
- [9] Audi TT Coupé - Suspension System Self-Study Programme 381, 2017
- [10] John C. Dixon, „*Suspension Geometry and Computation*“ Senior Lecturer in Engineering Mechanics The Open University, Great Britain, 2009

Резиме

У оквиру овог рада, извршено је прикупљање, систематизација и анализа података везаних за системе еластичног ослањања, као и могућности које они пружају у погледу побољшања перформанси и економичности моторних возила. Описани су основни појмови динамике возила са нагласком на вертикалну динамику возила, и објашњени су специфични задаци система еластичног ослањања задње осовине. Систематизоване су различите врсте еластичног ослањања и дефинисани су његови елементи. Приказане су разлике између независног и полузависног ослањања система ослањања на задњој осовини. Извршено је поређење система ослањања у софтверу „SUSProg3D“.

Кључне речи: *Еластично ослањање, задња осовина, динамика возила.*

Abstract

The collection, systematization and analysis of data related to elastic suspension systems, as well as the opportunities they provide in terms of improving the performance and economy of motor vehicles were performed within this paper. The basic concepts of vehicle dynamics are described with an emphasis on vertical vehicle dynamics, and the specific tasks of the rear axle elastic suspension system are explained. Different types of elastic suspension systems are systematized and its elements are defined. The differences between independent and semi-independent support of the suspension system on the rear axle are shown. A comparison of the rear suspension systems in the "SUSProg3D" software was performed.

Key words: *Elastic suspension, rear axle, vehicle dynamics.*

Садржај

1. Увод	1
1.1 Опште карактеристике система ослањања	1
2. Систем ослањања (елементи)	4
2.1 Осцилаторни модел система еластичног ослањања код моторног возила	4
2.2 Врсте и класификација система ослањања	6
2.3 Еластични елементи	9
2.3.1. Лиснате опруге (гибњеви)	9
2.3.2 Параболични гибњеви	10
2.3.3 Завојне опруге	11
2.3.4 Торзионе опруге (торзиони штапови)	12
2.3.5 Гумени еластични елементи	13
2.3.6 Пнеуматски и хидропнеуматски еластични елементи	14
2.3.7 Елементи за вођење точка	14
2.3.8 Елементи за пригушење осциловања	16
2.3.9 Стабилизатори	20
3. Системи ослањања задње осовине	21
3.1 Зависно ослањање	21
3.1.1 Систем са лиснатом опругом	21
3.1.2 Систем са завојном опругом	21
3.2 Полунезависно ослањање	22
3.3 Независно ослањање	23
3.3.1 Задње ослањање мултилинк	24
3.3.2 Ослањање са рачунарским управљањем	25
4. Ослањање - одржавање и дијагностика	28
4.1 Провере ослањања:	28
4.1.1 Амортизер	28
4.1.2 Провера висине ослањања возила	28
4.1.3 Уобичајени систем ослањања, грешке и чести узроци	29
5. Пример модерне примене система задњег ослањања	31
5.1 Audi TT Coupe	31
5.1.1 Ауди „магнетна“ возња	31
5.1.2 Пригушница	33
5.1.3 ESCD електронска управљачка јединица (електронски управљано пригушивање)	33

5.1.4 Сензори нивоа возила	34
5.1.5 Дугме за подешавање пригушивања амортизера	34
5.1.6 Лампица упозорења	35
5.1.7 Тест амортизера	35
5.1.8 Дијаграм функција	36
5.2 Мерцедес „E-Active body control“	37
5.2.1 Систем „E-Active body control“	37
5.2.2 Рад „E-Active body control“	37
5.2.3 E-Active body control off - road	38
6. Поређење основне геометрије задњег ослањања три модела возила у програму „SUSProg3D“	39
Поређење резултата:	62
Закључак	66
Литература	67

1. Увод

Основни задатак система за ослањање је да обезбеди еластичну везу између точка и каросерије, а самим тим и стабилност возила у свим условима вожње. Приликом кретања возила долази до осцилација које битно утичу на основне особине возила као што су вучне карактеристике, стабилност, удобност, управљивост... [12]

Систем ослањања мора да обезбеди одговарајућу контролу управљања и квалитет вожње. Обављање ових функција изузетно је важно за одржавање безбедности вожње возила и задовољство купаца. На пример, ако систем ослањања омогућава превелике вертикалне осцилације точкова, возач може изгубити контролу над управљањем током вожње на неравној површини пута. Овај губитак управљања може резултирати сударом возила и личним повредама. Прекомерне вертикалне осцилације точка преносе нежељене вибрације са точкова у путнички простор, што изазива незадовољство купаца квалитетом вожње. Систем ослањања и шасија морају такође да остваре правилно постављање точкова и пнеуматика како би се осигурао нормалан животни век пнеуматика и правилна контрола управљања. Ако систем ослањања не омогући постављање сваког точка и пнеуматика правилно, углови поравнања точкова (ослањања) нису правилно центрирани и обично узрокују прекомерно хабање газећег слоја. Неправилан положај точкова и пнеуматика такође може довести до повлачења точка управљача на једну страну. Када систем ослањања оствари правилно постављене положаје точкова и пнеуматика (центрирање), управљач треба остати у неутралном положају ако се аутомобил креће право напред по прилично равnoj и глаткој подлози. Међутим, ако точкови и пнеуматици нису правилно постављени, управљање може бити неправилно, а за одржавање управљача у положају право напред потребан је превелик напор. [12]

Систем задњег ослањања игра веома важну улогу у квалитету вожње и у контроли ослањања, вибрација и удара. Иако предњи точкови заправо управљају возилом, задње ослањање је такође од виталне важности за управљање возилом. Задње ослањање такође мора да обезбеди одговарајући век пнеуматика и одржава контакт пнеуматика са површином пута. Системи задњег ослањања укључују зависну осовину, полу-независну и независну. Системи задњег ослањања са зависном осовином налазе се на камионима и комбијима са погоном на задњим точковима, неколико аутомобила са RWD (енг. *Rear wheel drive*) и неким аутомобилима 4WD (енг. *Four wheel drive*). Већина возила FWD (енг. *Forward wheel drive*) имају полунезависна или независна ослањања. Независна задња ослањања такође се налазе на RWD аутомобилима и 4WD аутомобилима.[13]

FWD (Forward wheel drive) – представља возила са погоном на предњој осовини,
RWD (Rear wheel drive) - представља возила са погоном на задњој осовини,
4WD (Four wheel drive) - представља возила са погоном на сва четири точка.

1.1 Опште карактеристике система ослањања

Основна функција система ослањања је пружање флексибилне подршке тако да путници могу удобно путовати изоловани од вибрација које изазивају неравнине на путу. Треба имати на уму да је удобност вожње најважнији циљ и има велики значај у конструкцији аутомобила. Додатни важан захтев за ослањање је да је то систем који

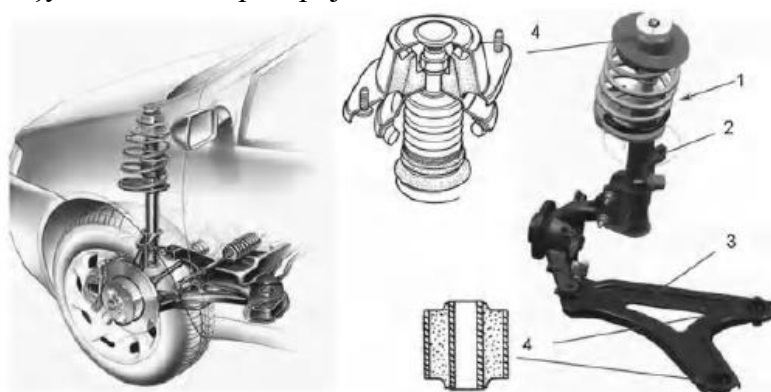
треба да стабилизује возило у свим условима вожње, тј. током промена правца кретања, кочења, убрзања итд.

Ова два циља (удобност и управљање) обично је тешко остварити, јер је меко ослањање идеално за комфор, а круто ослањање је боље за управљање. Очигледно, успешна конструкција лежи у могућности да се постигне најбољи компромис између ова два. Последњи захтев је одржавање точкова у правилном положају у односу на тло у било ком положају ослањања [13]. Заправо, варијације угла управљања стварају бочне силе које могу проузроковати одступања од тражене путање и негативни утицај на безбедност.

Ослањање се одликује многим параметрима (крутост опруга, пригушење амортизера, конструкција опруга, положај места причвршћивања, итд.) који, ако су правилно пројектовани, омогућавају постизање више него задовољавајућих резултата за било које возило. То је разлог зашто постоји тако велики број различитих решења ослањања: свако од њих је уопштено добар одговор за потребе одређеног возила за специфичну, предвиђену употребу. Захтеви за мали градски аутомобил (у погледу једноставне конструкције, мале тежине и ниске цене) су очигледно сасвим другачија од оних за велике лимузине или спортске аутомобиле. То се види у конструкцији ослањања, можда чак и више него у решењу осталих компоненти шасије, стога је кључно за идентификацију циљева који се требају постићи од самог почетка, а затим изабрати најбоља могућа решења у складу са тим.

Систем ослањања повезује склоп пнеуматика са точковима са шасијом. Док је пнеуматик одговоран за преношење вертикалних, бочних и подужних сила са тлом, поред филтрирања вибрација узрокованих неравнинама пута, ослањање је одговорно за одређивање положаја пнеуматика у односу на каросерију, осовину и тло у различитим условима употребе возила, док филтрира вибрацију на нижим фреквенцијама.

Точак мора да се вертикално помера у односу на возило, али мора се обезбедити и пријањање пнеуматика на тлу чак и када се прелазе избочине и филтрира енергија коју пнеуматик сам не може ублажити. Ова функција се врши постављањем еластичних елемената (опруге (1) на слици 1.1) и пригушних елемената (ударни амортизери (2) на истој слици) између точкова и каросерије.



Слика 1.1 Систем ослањања;

1 еластични елементи (опруге); 2 елемента за пригушивање (амортизери); 3 крути водећи елементи (вођице и носачи); 4 флексибилни елементи за пригушивање (гумено-метални ослонци)[13]

Ослањања осигуравају, помоћу веза, правилан положај пнеуматика у односу на тло, што је битно за постизање жељеног управљања карактеристикама, истовремено омогућавајући потребну слободу кретања точкова (вертикално кретање, управљање, мање еластични покрети под оптерећењем).

Крути елементи за вођење пнеуматика су: шипке, полуге и носачи (3), а флексибилни елементи за пригушивање су: јастучићи, гумени носачи (4).

У погледу комфора, ослањање мора омогућити довољно велики вертикални ход точка (отприлике 200 mm укупно) и филтрирати енергију коју сам пнеуматик не може расипати. Највећи део вертикалних хода апсорбују опруге и гумено-метални ослоњци, који спречавају да ослањање удари о шасију. Чврстоћа ослањања се регулише границама осетљивости човековог тела, оба према доњем крају опсега (покрети тела ниске фреквенције, нижи од 1 Hz, узрокују мучнину код путовања) и виши крај распона (велико убрзање при високој фреквенцији). Механички покрети на зглобовима узроковани ударцима апсорбују се гумом чауре које су уметнуте у делове система еластичног ослањања [12].

Исправна конструкција ових гумених елемената посебно је важна за постизање циљева у погледу комфора, који захтевају високу прецизност управљања, захтевајући ограничене варијације углова точкова.

Други важан параметар за одређивање комфорности возила је маса точкова и осталих мобилних елемената ослањања који морају имати мали удео масе возила.

Ако су масе велике, узрокују дејство велике силе које се преносе са точкова на каросерију, што заузврат ствара велико вертикално убрзање, што на крају утиче на комфор [13]. То оправдава, на пример, употреба лаких (алуминијумских) или ултра лаких (магнезијумових) легура за наплатке точкова.

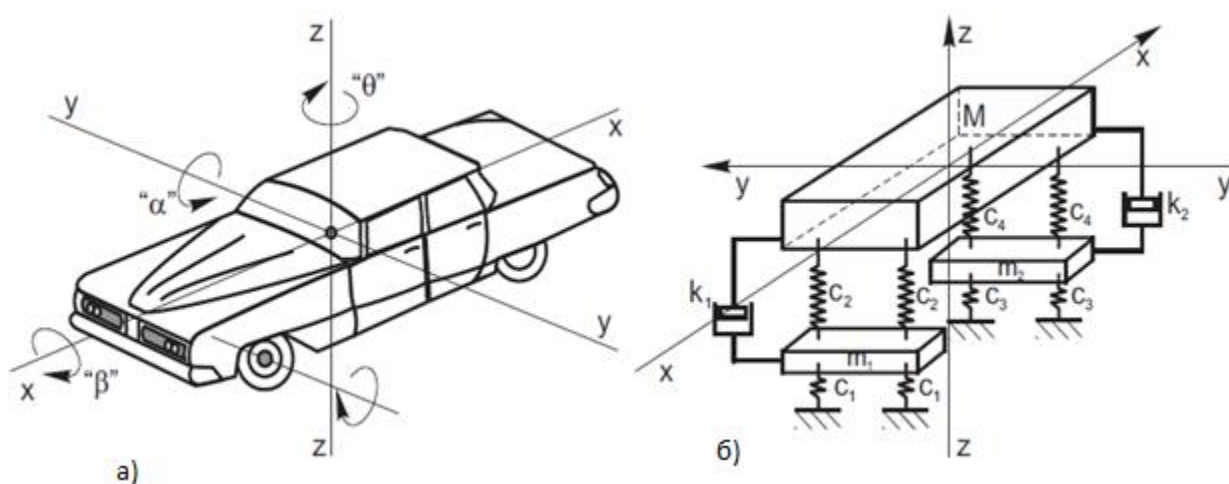
У следећим одељцима, пре испитивања најчешћих модела овог систем ослањања и њихове главне компоненте, пажња ће бити посвећена главним параметрима који се баве управљањем и удобношћу и како ови параметри могу бити тачно дефинисани.

2. Систем ослањања (елементи)

2.1 Осцилаторни модел система еластичног ослањања код моторног возила

Систем еластичног ослањања моторног возила је механизам којим се постиже еластична веза између носеће конструкције моторног возила и осовине на точковима.

Због спољних утицаја, услова рада који потичу из природе површине пута и режима вожње моторних возила, долази до спољних поремећаја равномерног кретања основне носеће конструкције [9]. Овај поремећај може утицати на праволинијско и угаоно померање основне конструкције, три translације дуж x , y , z осе и три ротације око x , y и z осе, како је то показано на слици 2.1 а).



Слика 2.1 а) Карактеристична осциловања основне носеће конструкције моторног возила и б) осцилаторни модел возила [9]

Наведене осцилације према слици 2.1 а) имају и своје стандардне називе:

- вертикалне осцилације “ z ”,
- уздужне осцилације “ x ”,
- попречне осцилације “ y ”,
- угаоне осцилације око x осе, љуљање “ β ”,
- угаоне осцилације око y осе, галопирање “ α ”,
- угаоне осцилације око z осе, пливање “ θ ”.

Посматрано моторно возило на овај начин представља круту фигуру и постајатра се као једна маса која има шест степени слободe. Ако се тежи већем степену реалности система моторног возила, од случаја до случаја, онда се моторно возило представља као врло сложен осцилаторни систем. Тако, нпр. возило на слици 2.1 а) може се представити преко еквивалентног осцилаторног система са три масе (слика 2.1 б)).

Еквивалентни осцилаторни систем (физички модел) приказан на слици 2.1 б), или било који други еквивалентни систем возила (простији или сложенији) добија се на основу начела о превођењу стварног у еквивалентни систем осциловања која се огледају у:

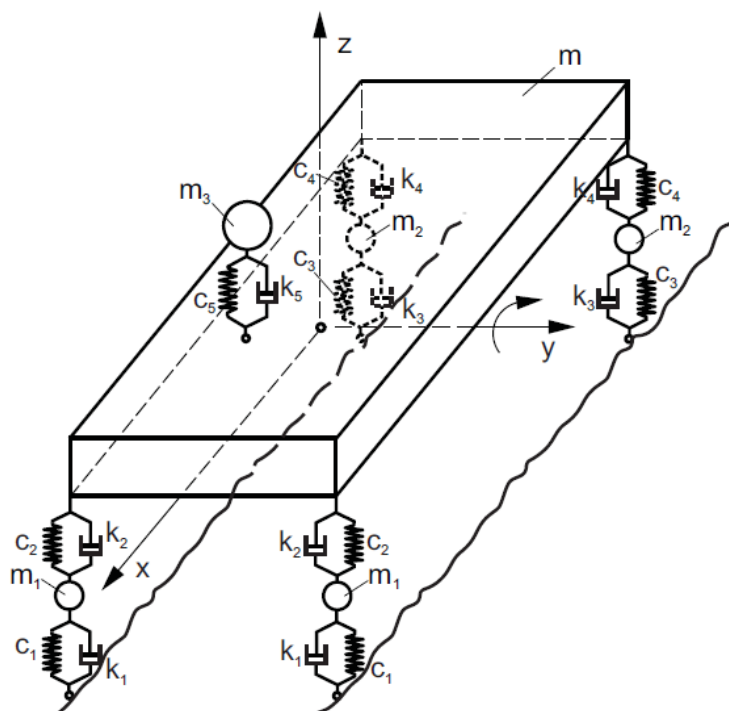
- једнакости кинетичке енергије стварног и еквивалентног система и
- једнакости потенцијалне енергије стварног и еквивалентног система [9].

Еквивалентни модел на слици 2.1 б) односи се на возило са зависним ослањањем, где је: m – маса основне конструкције возила, а масе m_1 и m_1 , масе предњег и задњег моста возила.

Величине c_1 и c_3 су крутости точкова са пнеуматичима, а c_2 и c_4 крутости елемената система еластичног ослањања. Вредности k_1 и k_2 представљају коефицијенте пригушења (унутрашња и спољашња пригушења).

Поменути елементи еквивалентног система су доста компликовани, посебно крутости c_1 и c_3 , које имају изразито нелинеарни карактер и отежавају прорачуне и анализу осциловања елемената возила [9].

За случај да возило има системе независног ослањања, онда би модел (еквивалентни систем) био још сложенији. Пример таквог модела, узимајући у обзир седиште и масу путника (возача), приказан је на слици 2.2.



Слика 2.2 Просторни осцилаторни модел моторног возила са независним ослањањем[9]

Без улажења у било какву детаљнију анализу види се на први поглед да је приказани модел врло сложен, како са становишта дефинисања параметара модела, тако и са становишта анализе и прорачуна осцилација возила [9].

Систем једначина осциловања у најопштијем облику може се написати као:

$$m_i + \ddot{z}_i + k\dot{z}_i + c_i + \Delta z_i = F_j \quad (2.1)$$

где побуда (F_j) долази од неравнина пута (најчешће), а може бити и од рада мотора, појединих агрегата итд. Као резултат анализе система једначина одређују се властите фреквенције осциловања (f_0), помоћу којих се проверавају резонантни услови осциловања и померања (z_i) појединих елемената, који се пореде са дозвољеним померањима дефинисаним конструкцијом возила.[9]

Овако сложене осцилаторне механизме, односно њихове моделе врло је тешко теоријски проучавати, па се ови механизми најчешће свде на једноставније, дводимензионалне и једнодимензионалне моделе.

2.2 Врсте и класификација система ослањања

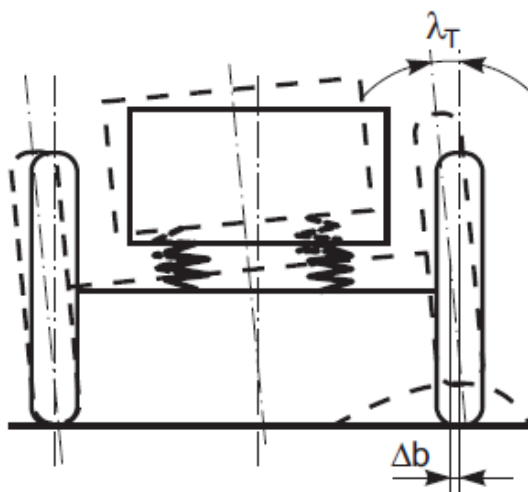
У циљу постизања основне оријентације о могућностима данас примењиваних решења система ослањања на разним врстама возила, корисно је извршити систематизацију према битним карактеристичним величинама.

Према врсти и карактеру елемената за вођење точка, системи ослањања се деле на:

- зависне и
- независне.

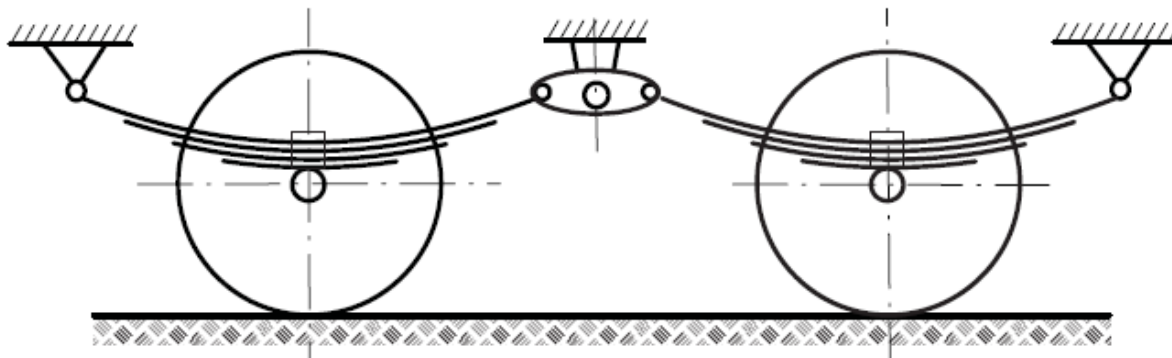
Зависни системи су везани за појам крутог моста, било погонског било управљачког, код кога „крута“ греда везује леви и десни точак при чему се померање једног точка у попречној равни преноси и на други точак (слика 2.3). Ови системи су најједноставнији, али не пружају могућности обезбеђења правилне кинематике управљања. Због тога се зависни системи ослањања користе данас на управљачким мостовима теретних возила. На погонским мостовима који нису управљачки, системи зависног ослањања се срећу делимично код путничких возила, а код осталих врста возила практично увек. На слици 2.3 види се да наиласком десног точка на препреку, долази до померања целог возила [9].

Угаоно померање точка ће бити обележавано са углом λ_T , а бочно померање са котом Δb .



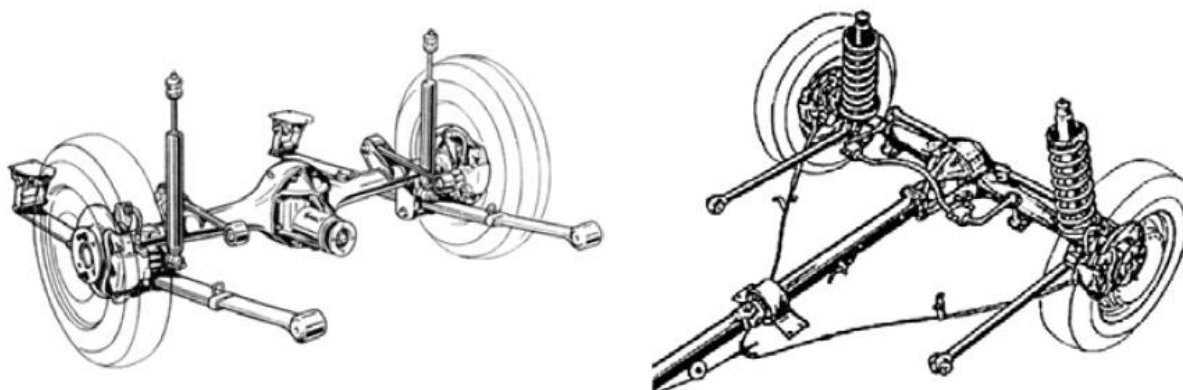
Слика 2.3 Систем зависног еластичног ослањања [9]

Зависно еластично ослањање с балансирајућим суседним точковима удвојених осовина приказано је на слици 2.4.



Слика 2.4. Зависно ослањање са балансирајућим точковима [9]

Зависни системи су повезани са појмом крутог моста, погонског и управљачког (слика 2.5)

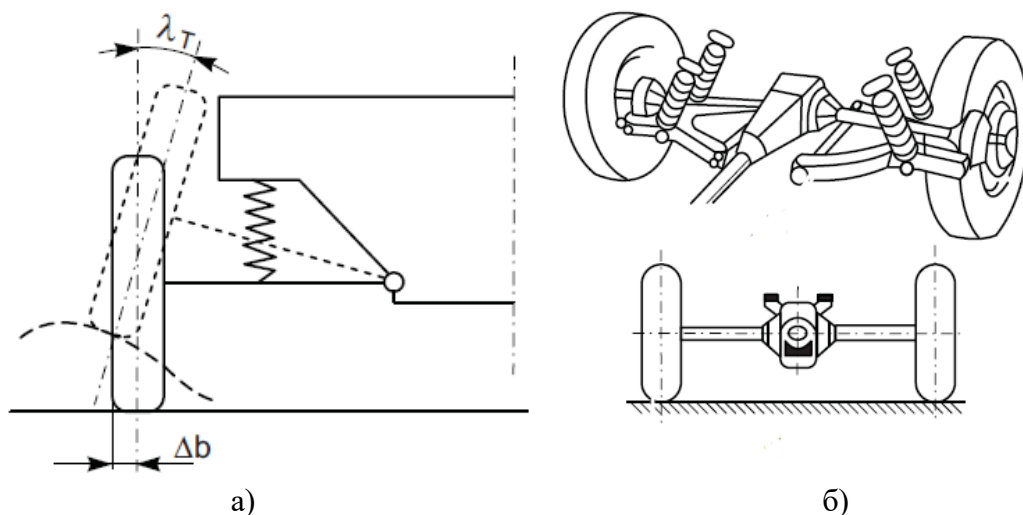


Слика 2.5 Крути погонски мост [9]

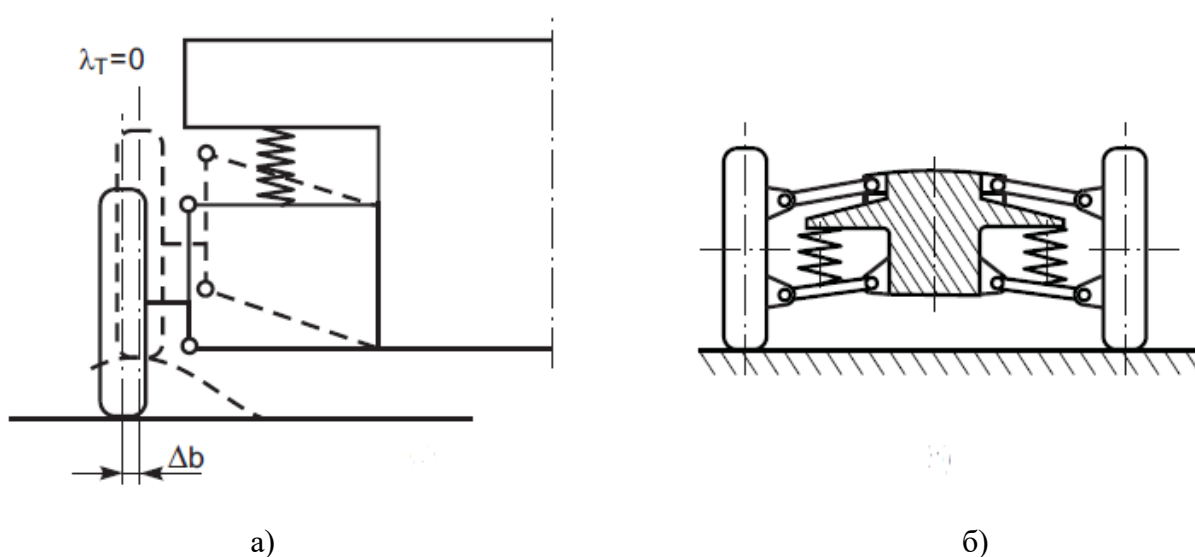
Независни системи ослањања се данас практично обавезно срећу на управљачким мостовима путничких возила, а често, у последње време све више и на њиховим погонским мостовима.

Код независних 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.

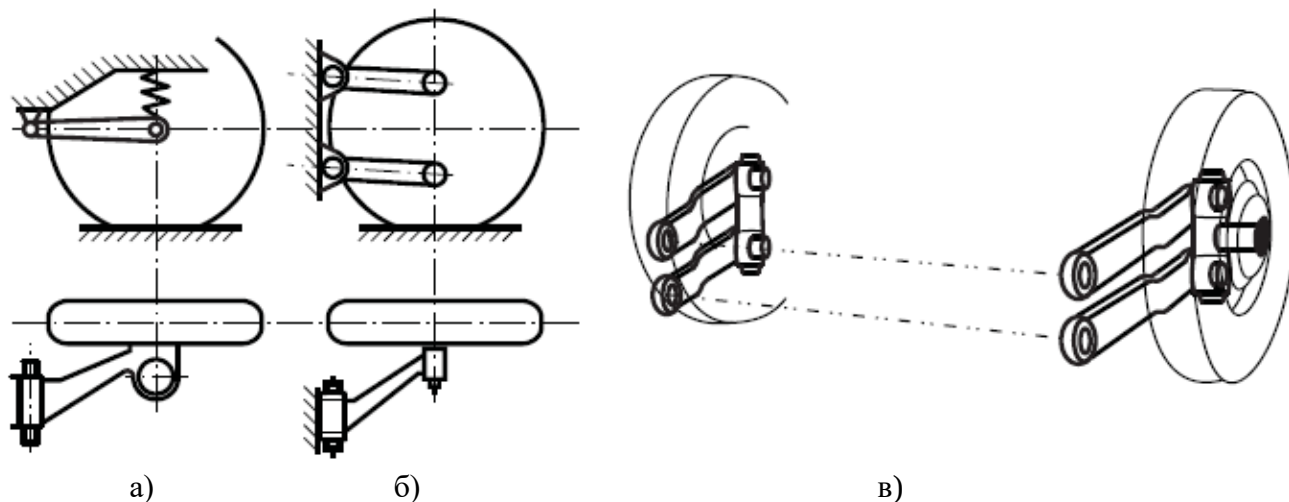
У зависности од тога у којој се равни помера точак при његовом издизању разликују се системи независног ослањања са померањем точка у попречној равни са једном попречном вођицом (слика 2.6 а), б), или са две попречне вођице истих дужина (слика 2.7 а) и б)), или са две попречне вођице различитих дужина (слика 2.8 а), б) и в)),



Слика 2.6 Скица а) са примерима изведбе б) независног система ослањања са једном попречном вођицом и померањем точка у попречној равни [9]



Слика 2.7 Систем независног ослањања са померањем точка у попречној равни са две попречне вођице. Скица а) и пример извођења б) [9]



Слика 2.8 Систем независног ослањања са померањем точка у уздужној равни са једном а) или две подужне вођице б), са практичним извођењем в) [9]

2.3 Еластични елементи

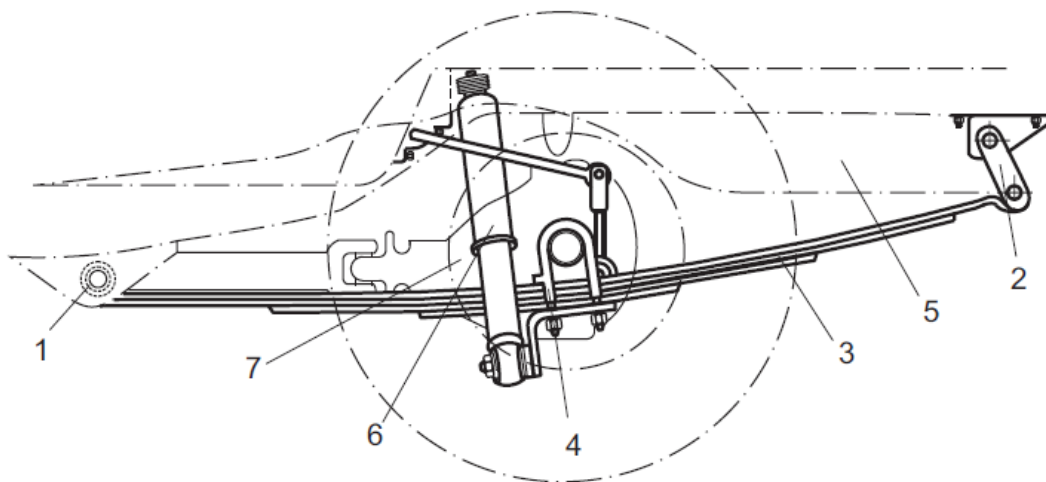
Према врсти еластичних елемената системи ослањања се могу поделити у следеће групе [9]:

- са лиснатим опругама (гибњевима),
- са параболичним опругама,
- са завојним опругама,
- са торзионим опругама,
- са гуменим еластичним елементима,
- са пнеуматским еластичним елементима,
- са хидропнеуматским еластичним елементима и
- са комбинованим еластичним елементима.

Еластичну карактеристику система ослањања у највећој мери предодређују еластични елементи. Како је, с друге стране, ова карактеристика један од најбитнијих показатеља система ослањања у целини, еластични елементи су доживели различита конструктивна решења, а данас се израђују од метала и неметала. Еластични елементи од метала израђују се као лиснате опруге (гибњеви), параболичне опруге (гибњеви), завојне опруге и торзиони штапови. У неметалне еластичне ослоње спадају гумени, пнеуматски, хидраулички и хидропнеуматски еластични елементи. На новијим конструкцијама возила често се сусрећу два, па и више врста еластичних елемената. У том случају се говори о комбинованим еластичним елементима [9].

2.3.1. Лиснате опруге (гибњеви)

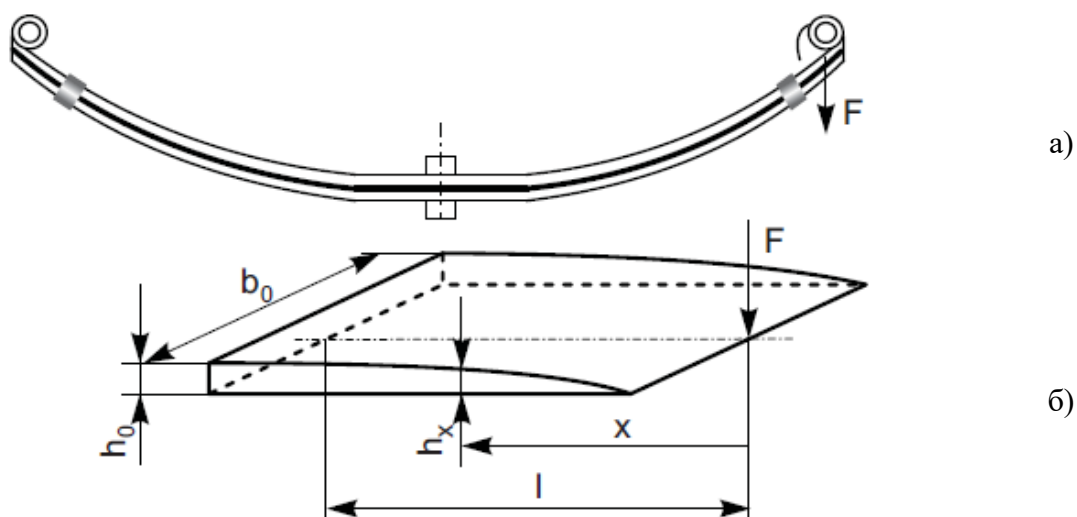
Лиснате опруге се обично употребљавају код зависног система ослањања. Како је раније напоменуто, код зависног система ослањања са уздужно постављеним гибњевима нису потребни елементи за вођење. Да бигибањ могао предавати и примати подужне силе, мора бити с рамом или каросеријом везан преко једног крутог и једног помичног ослоње (обично преко полуге која је са једне стране зглобно везана за рам, а са друге загибањ). Да би лиснатигибањ задржао мост од окретања око своје осовине мора бити с њим круто везан. На слици 2.9 приказано је детаљније везивање једне лиснате опруге (гибња) за рам возила. Лиснатигибањ је углавном састављен од лиснатих, ваљаних или вучених челичних трака (опружни челици), а због оптерећења на савијање састоји се од више листова различите дужине и различитог радијуса закривљења, а у циљу смањења трења између листова постављају се слојеви од пластике.



Слика 2.9 Везивање лиснатог гибња за рам возила и погонски мост 1 - непокретни ослонац, 2 - покретни ослонац, 3 - лиснати гибња, 4 - узенгија (веза мост - гибња), 5 - рам, 6 - амортизер, 7 - погонски мост [9]

2.3.2 Параболични гибњеви

Често се у примени, уместо лиснатих гибњева сусрећу тзв. параболични гибњеви који имају практично исте карактеристике као лиснати гибњеви, али су доста лакши и једноставнији за уградњу [9]. Израда им је нешто скупља него код класичних лиснатих гибњева. Пример таквог једног гибња дат је на слици 2.10.



Слика 2.10 Параболични лиснати гибња, изглед а), облик листа б) [9]

2.3.3 Завојне опруге

Завојне опруге, као еластични елементи, примењују се углавном код лаких возила која имају независно ослањање. Опруге се израђују од кружног или правоугаоног профила опружних челика.

Често се у цилиндричном шупљом простору опруге уграђује телескопски амортизер (слика 2.11). Завојне опруге не могу пренети бочне и уздужне силе. Стога се примењују у таквим конструкцијама ослањања, у којима се силе кочења, погонске и бочне силе преносе посебним елементима за вођење. Опруге се постављају на возило с одређеним преднапоном [9].

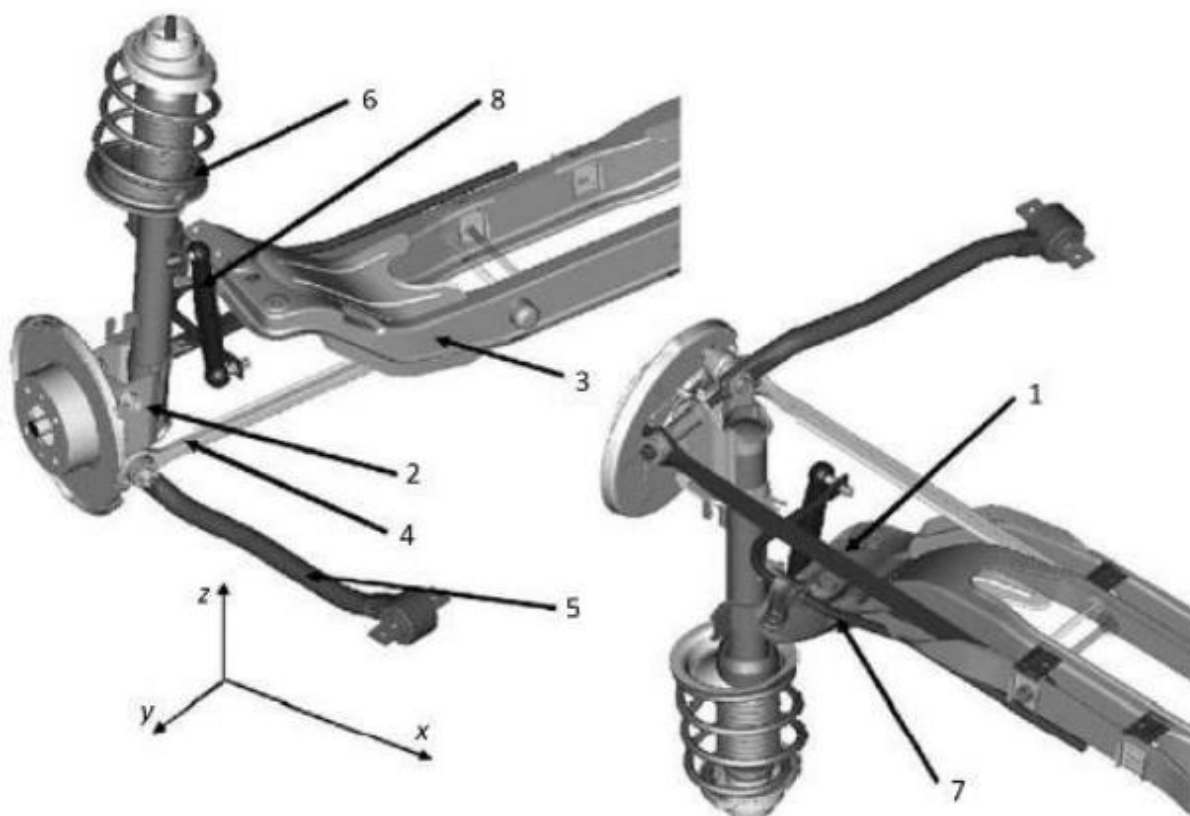
У суштини, ослањање задње осовине мора да обавља следеће функције:

- Мора бити усклађено са уградњом робусних компоненти, као што су резервоар за гориво, резервни точак и систем за одвођење издувних гасова (издувни лонац и издувна цев);
- У случају задњих погонских точкова, мора бити обезбеђен простор за диференцијал и главни преносник, као и за погонска полувршила;
- Мора обезбедити што више слободног простора у каросерији како би се могао формирати што већи пртљажни простор;
- Мора обезбедити већи ход система ослањања него на предњој осовини, зато што су промене оптерећења задње осовине много веће.

Срећом, простор за смештај точка не мора бити велики зато што су углови закретања точка минимални.



Слика 2.11 Макферсонова опружна нога са завојном опругом [9]

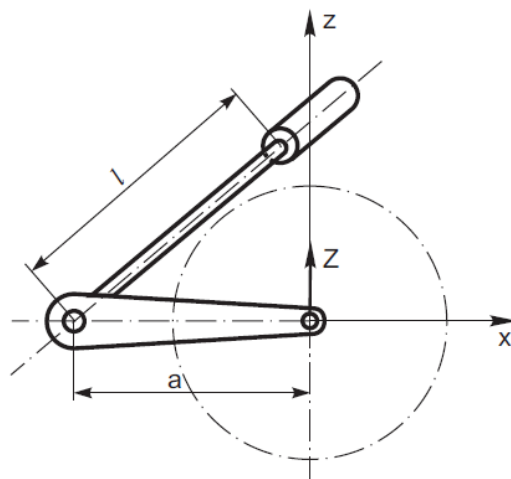


Слика 2.12 Макферсон (McPherson) систем ослањања задње осовине аутомобила средње класе са предњим погонским точковима; може се извести из исте врсте система ослањања за предњу осовину, заменом попречне споне система за управљање са полугом (4) (аутомобил Алфа Ромео) [5]

2.3.4 Торзионе опруге (торзиони штапови)

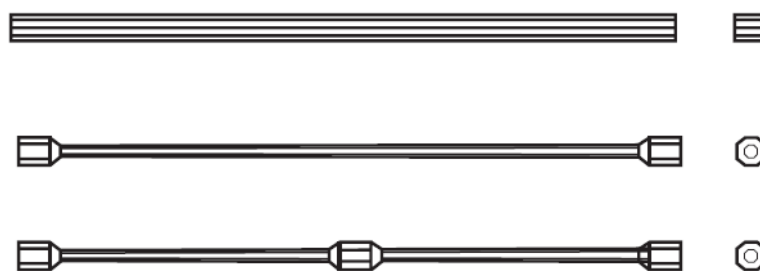
Торзиона опруга, као еластични елемент, примењују се углавном код независног ослањања. Могу се постављати попречно или подужно у односу на возило, али у сваком случају у хоризонталној равни. На слици 2.13 приказан је један торзиони штап, дужине “1” код кога је један крај чврсто учвршћен, а други крај на краку “а” је везан за точак. Вертикални удари пута стварају силу Z која увија торзиони штап. По престанку деловања силе Z , еластичност торзионе опруге враћа точак у првобитни положај. Добра особина торзионих опруга је мала тежина и габарит, а не захтевају посебно одржавање. [9]

Употреба им је ограничена, пошто је тешко добити материјал који одговара потребним карактеристикама на увијање ($30^\circ/1 \text{ m}$). Израђују се од правих штапова кружног или правоугаоног пресека било из једног комада или више комада [9].



Слика 2.13 Торзиона опруга [9]

Нека конструктивна решења виде се на слици 2.14.



Слика 2.14 Конструктивни облици торзионих опруга [9]

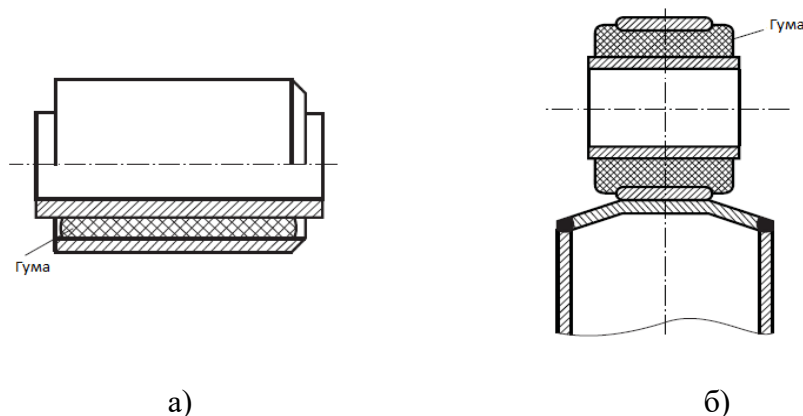
2.3.5 Гумени еластични елементи

Гумени еластични елементи у систему ослањања користе се као пригушници или као елементи за заштиту путника и товара од високофреквентних осцилација. У новије време почиње коришћење гуме и неких синтетичких материјала и за израду самих еластичних ослонаца [9]. Коришћење оваквих еластичних ослонаца повезано је са једноставном конструкцијом, малом тежином, нелинеарном карактеристиком еластичног елемената, делимичним пригушењем осцилација и разумно дугим веком трајања.

Недостаци еластичних гумених ослонаца су потреба за коришћењем посебних механизма за вођење точкова и елемената пригушења, појава заосталих напона, промена карактеристика са променом температуре итд. [9].

Гумени ослонци у систему ослањања могу бити изложени истезању, притиску, смицању и увијању. Конструктивно се изводе на различите начине. Најчешће се користе гумени ослонци смештени у пластичне чауре. На слици 2.15 а) је приказано лежиште у облику прстена, с гуменим елементом на средини. Овакво конструктивно решење омогућава увијања $<10^\circ$ и закретање подужне осе за $<7^\circ$. На слици 2.15 б)

приказано је конструктивно решење где су крајеви гуме задебљани, чиме је спречено исклизивање гуме из спољашњег прстена [9].

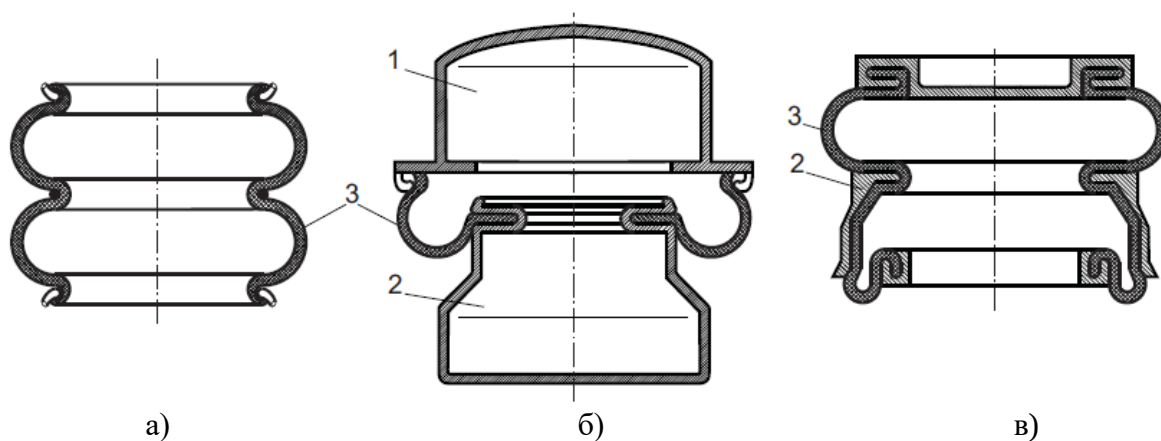


а) б)
Слика 2.15 Гумени прстенасти ослонац [9]

2.3.6 Пнеуматски и хидропнеуматски еластични елементи

Ови 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 (Мерцедес, Цитроен итд.) [9].

Пнеуматски еластични елементи (пнеуматски јастуци) изведени су од гуме ојачане челичним влакнима. На слици 2.16 приказано је неколико конструктивних решења пнеуматских еластичних елемената код теретних возила. Путем промене притиска ваздуха који се налази унутар елемента аутоматски се регулише његова крутост.



а) б) в)
Слика 2.16 Облици пнеуматских еластичних елемената (пнеуматских јастука)

1, 2 – метално звоно, 3 – армирани гумени елемент (балон)

а) балонски пнеуматски јастук, б) мембрански пнеуматски јастук, в) комбиновани пнеуматски јастук [9]

2.3.7 Елементи за вођење точка

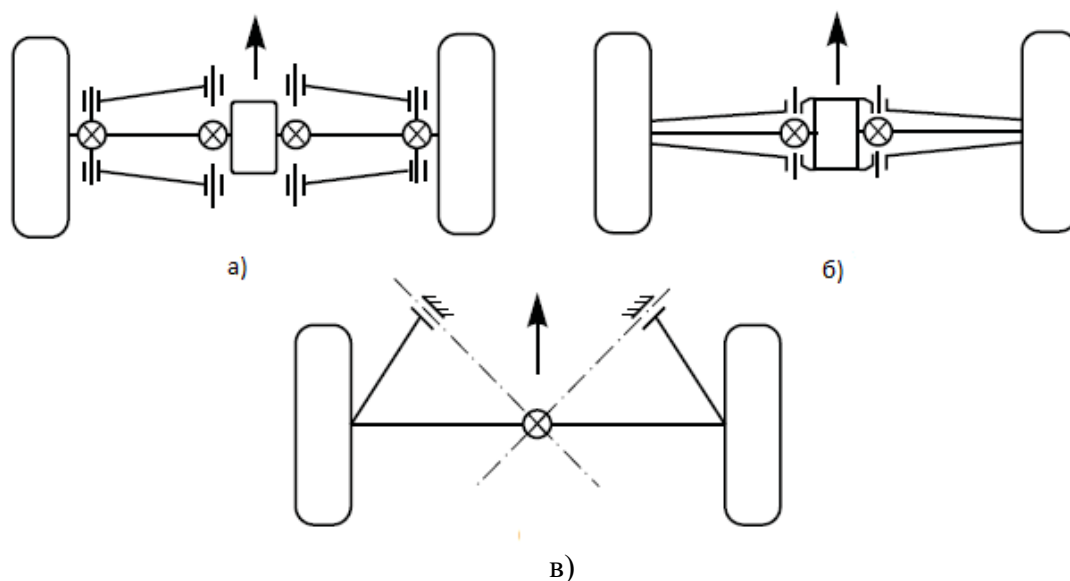
Начин и карактер померања точкова у односу на рам или каросерију битно утиче на могућност управљања и понашања возила, како при војњи у кривини тако и при

вожњи на правцу. Кинематика точкова зависи искључиво од конструкције и врсте елемената за вођење точка, а независна је од осталих елемената система ослањања. Осим основног задатка да обезбеди повољну кинематику точкова, елементи за вођење морају обезбедити пренос активних и реактивних сила и момената [9].

Механизми за вођење точкова требају задовољити следеће захтеве:

- задржавање потребне кинематске карактеристике точкова у свим условима кретања возила и различитим оптерећењима возила;
- извршење поузданог преноса хоризонталних оптерећења (у тангентном и бочном правцу) и одговарајућих момената од точкова на шасију возила;
- обезбеђење потребне кинематике управљачког система; кинематика управљачког система се сматра да је правилна ако вертикално померање точка и његово закретање око осовине точка нису зависни једно од другог;
- повољно одабран тренутни центар обртања, пошто механизам за вођење утиче на његов положај;
- погодно компоновање система ослањања и возила у целини, тако да механизам за вођење не утиче на размештај агрегата и
- једноставност конструкције и одржавања.

На слици 2.17 су приказана три шематска примера извођења механизма за вођење погонских неуправљачких точкова. Стрелицама је означен правац кретања возила [9].



Слика 2.17 Примери извођења механизма за вођење погонских неуправљивих точкова [9]

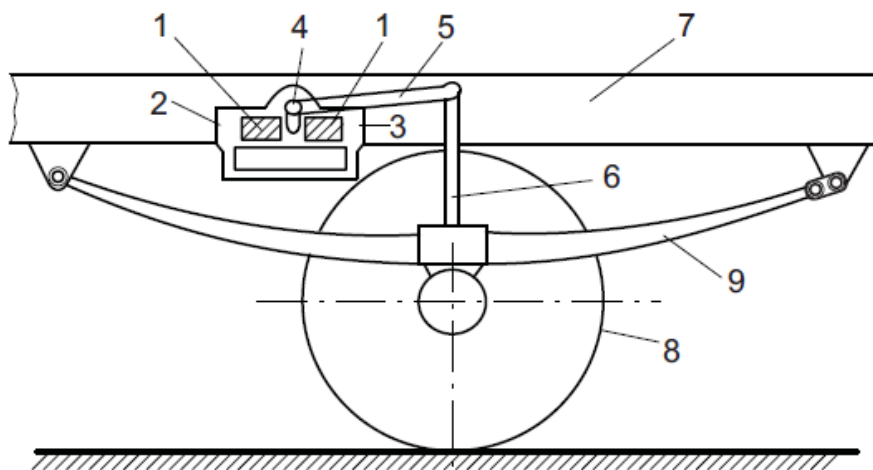
На слици 2.17 а), решење где се користе две попречне вођице, примењују се четири карданска зглоба, док су на слици 2.17 б), решење где се користи једна попречна вођица, примењују се два карданска зглоба. На слици 2.17 в) решење где се користе косе вођице, примењује се један кардански зглоб.

2.3.8 Елементи за пригушење осциловања

Амортизер служи за брзо пригушивање осциловања возила и спречавање појаве резонанције која се може појавити уколико се осцилације брзо не пригуше. Пригушивање осциловања каросерије и осовине возила, које се јавља при кретању по неравном путу, врши се под утицајем сила отпора у систему ослањања. Силе отпора су трење у еластичном елементу и елементу за вођење (нпр. између листова лиснатог гибња, осовиницама и зглобовима елемената за вођење), а такође и сила отпора коју пружа амортизер [9]. У данашње време на возилима се примењују искључиво хидраулични амортизери, и то:

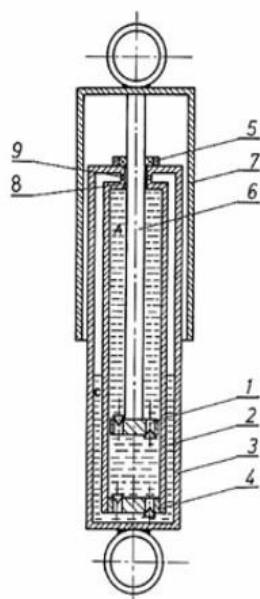
- амортизери са полугом и
- телескопски амортизери.

Пример амортизера с полугама приказан је на слици 2.18 Тело амортизера напуњено је уљем и везано за рам (7) возила. У телу амортизера се налази кулиса (4), која преко система полуга (5, 6), које су са једне стране везане за точак, делује на кретање клипова (1). Померање точка (8) нагоре изазива кретање клипа (1) и струјање уља из коморе (2) у комору (3). Обрнути смер кретања точка (8), полуга (5, 6) помера клип (1) у супротном смеру, тако да гориво струји из коморе (3) у комору (2). Протицање уља при оваквом струјању се врши кроз мале калибрисане отворе, чијом величином се дефинише трење у уљу и самим тим пригушење амортизера [9]. Величина притиска уља код оваквих амортизера се креће у границама 250 - 400 bar. Ако се рад амортизера оствари са два клипа двосмерно, онда су то тзв. амортизери двоструког дејства. Ови амортизери могу бити и једноструког дејства. У принципу се на возилима користе амортизери двоструког дејства.



Слика 2.18 Хидраулични амортизер са полугама, двоструког дејства
1 - клипови, 2, 3 - коморе за уље, 4 - кулисни механизам, 5, 6 - полуге, 7 - рам возила,
8 - точак, 9 - еластични елемент (гибањ) [9]

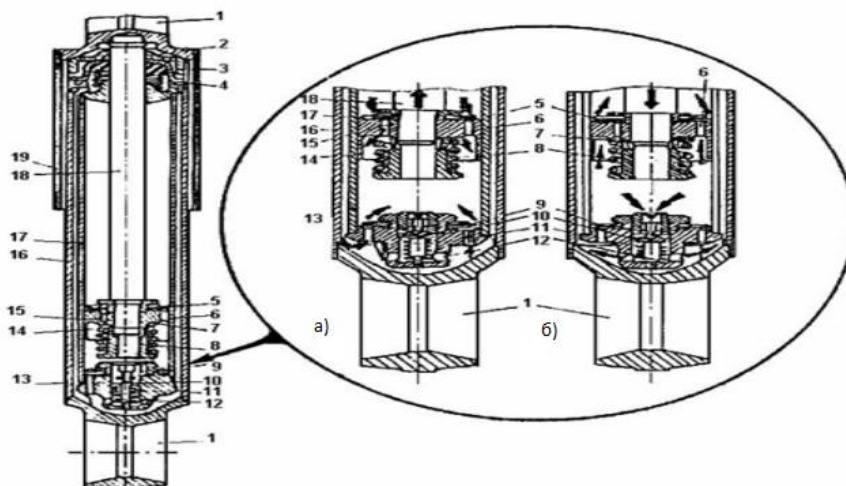
Принцип рада телескопског амортизера може се објаснити на примеру двоцевног телескопског амортизера датог на слици 2.19 Овакав пригушивач има радни простор (А), тј. радни цилиндар, клип (1) са вентилима, клипњачу (6), подножне вентиле (4), вођење клипњаче (8) која уједно служи за смештај заптивача (5). Између цилиндра (2) и (3) налази се простор за изједначавање (С) напуњен до половине и назива се обично компензациона комора [9].



Слика 2.19 Шема двоцевног телескопског амортизера [9]

Остатак простора у компензационој комори служи за прихватање повећане запремине уља услед загревања, као и за случај истиснутог уља услед увлачења клипњаче. Ниво уља у компензационом простору је такав да обезбеди и при екстремно ниским температурама ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$) да не дође до уласка ваздуха на подножним вентилима [9].

Конструктивна слика и шема рада двоцевног телескопског амортизера дата је на слици 2.20.



Слика 2.20 Конструкција и шема телескопског двоцевног амортизера [9]

Састављен је од челичног резервоара (16) на који је са доње стране заварена ушица (1), која образује дно резервоара у коме је постављен радни цилиндар (17). Унутар радног цилиндра налази се клипњача амортизера (18), која је спојена горњим делом за горњу ушицу (1) за коју је спојен заштитни оклоп (19) амортизера. На доњем делу клипњаче је постављен клип (14) и склоп вентила (7) који ради приликом истезања, као и преливни вентил (5).

У доњем делу радног цилиндра у специјалном телу постављени су усисни вентили (9) и вентил који ради приликом сабијања (10) [9].

Принцип дејства 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 [9].

Да би се објаснио принцип рада амортизера 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 истискује из доњег простора радног цилиндра не може потпуно прећи у горњи простор (изнад клипа) те део течности пролази кроз вентил (10) у резервоар [7]. 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 (9) у доњи простор. На тај начин, ниво течности у резервоару се непрекидно мења: при сабијању амортизера је највећи а при истезању најнижи.

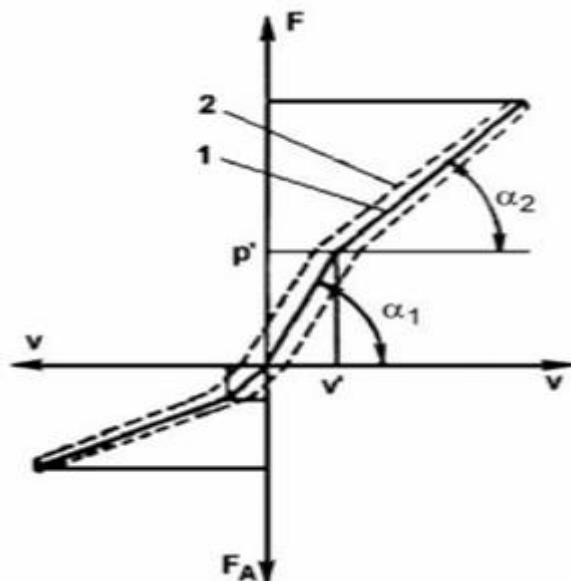
Амортизер ради на следећи начин: при истезању амортизера (сл. 2.20 а)) течност, која се налази изнад клипа подвргнута је сабијању. Преливни вентил (5) који је постављен у надклипном простору је затворен и течност кроз отвор на клип (15) долази до вентила (7) који ради приликом истезања.

Крутост диска вентила и напон опруге (8) даје могућност да се оствари неопходни отпор амортизера. У том тренутку усисни вентил (9), који је постављен на телу вентила сабијања (10), се отвара и слободно пропушта из простора резервоара у радни цилиндар (17) део течности кроз отвор (13). Тај део течности једнак је запремини клипњаче (18), која се у датом моменту изводи из радног цилиндра.

При сабијању амортизера (сл. 2.20 б)) његов клип се креће према доле, преливни вентил (5) се отвара и течност слободно протиче кроз отвор на клипу (6) у надклипни (горњи) простор. При томе се запремина течности, равна запремини дела клипњаче која иде према доле, потискује у резервоар кроз отвор (12) с тим да претходно савлада отпор вентила сабијања (10) (усисни вентил (9) затворен је услед притиска течности). Напон опруге (11) вентила сабијања даје неопходан отпор амортизера у периоду хода сабијања [9].

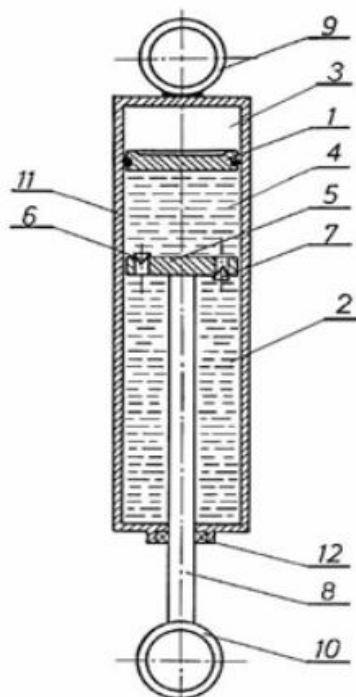
Карактеристика пригушивача (амортизера) приказаног на слици 2.20 дата је на слици 2.21 где силе пригушења (F) зависе од брзине кретања клипа (v) у цилиндру. За амортизер су још значајне максималне силе пригушења при сабијању и истезању, капацитивност и умањење капацитивности при повећању температуре. Мање силе пригушења дају се амортизеру при сабијању зато да се при кретању возила велике силе не предају на каросерију. У сваком случају карактеристика на слици 2.21 је нелинеарна, њен облик зависи од карактеристике амортизера (димензије отвора, врсте флуида итд.), односно крутост амортизера је променљива величина. Поред двоцевних у пракси се користе и тзв. једноцевни амортизери. Шема таквог једног амортизера дата је на слици 2.22. Он има, тзв. разделни клип (1) изнад кога се налази гас под притиском

(3) који треба да прихвати промене запремине уља од загревања и истискивања клипњачом [9].



Слика 2.21 Карактеристика амортизера

1 – амортизер без преднапона; 2 – амортизер са преднапоном [9]



Слика 2.22 Једноцевни амортизер са разделним клипом [9]

Услед сабијања или истезања амортизера клипњача потискује клип (5), где се активирају вентили (6) или (7) зависно од смера кретања. Само протицање уља кроз вентил (6) или (7) има функцију пригушења тока, па самим тим и кретање клипа, односно клипњаче. Разделни клип (1) омогућава било који положај уграђивања

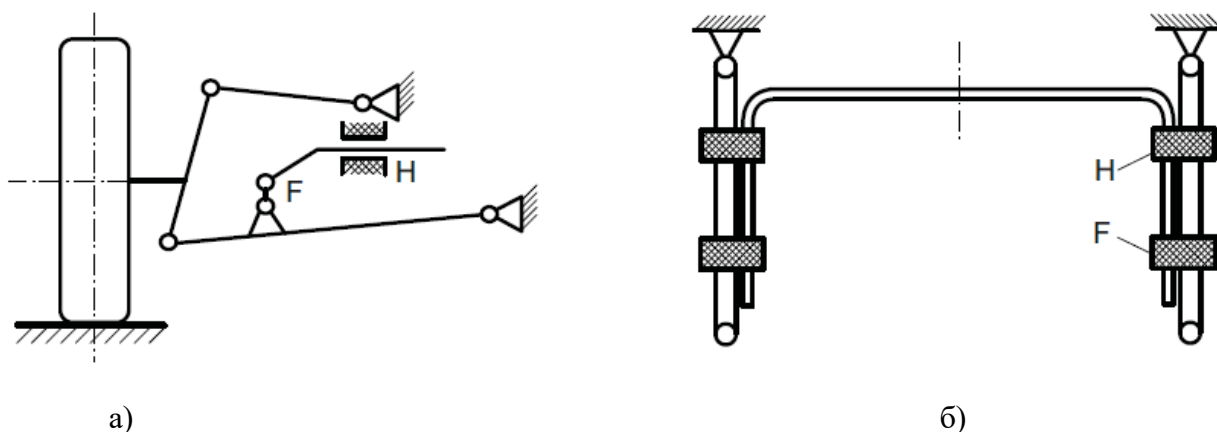
амортизера и практично нема утицаја на његову функцију. Помоћу њега је спречено мешање гаса и уља као и појава пенушања [9].

2.3.9 Стабилизатори

Еластично ослањање возила има и своје негативне особине, што се огледа у бочном нагињању возила при кретању у кривини, а што има за последицу погоршање карактеристика стабилности. У циљу смањивања бочних нагињања возила користе се стабилизаторске опруге – стабилизатори и то најчешће торзиони. Механички торзиони стабилизатор по конструкцији је веома једноставан, не захтева посебну пажњу и јефтин је. Може бити 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 с тврдом гумом, а вођицама се повезује с везним полулама [9].

Улога стабилизатора је да се торзијом супротстави бочном нагињању возила у случају када се један точак издиже, тј. да као сила реакције притискивањем супротног точка на коловозу исправља возило и не дозвољава његово бочно нагињање. На слици 2.23 а), слици 2.23 б) дате су шеме различитих изведби стабилизатора.

Стабилизатор приказан на слици 2.23 а) је са обе стране возила везан на месту „Н“ преко еластичних гумених лежајева с подужним вођицама, и на месту „F“ зглобно са подужним вођицама. Бочном нагињању возила супротставља се трење у еластичном елементу Н. На слици 2.23 б) приказан је стабилизатор са по два еластична гумена лежаја (Н и F) који су везани с подужним вођицама. Бочном нагињању возила супротставља се пригушење у еластичним везама услед окретања вођице и попречне везе [9].



Слика 2.23 Шеме стабилизатора [9]

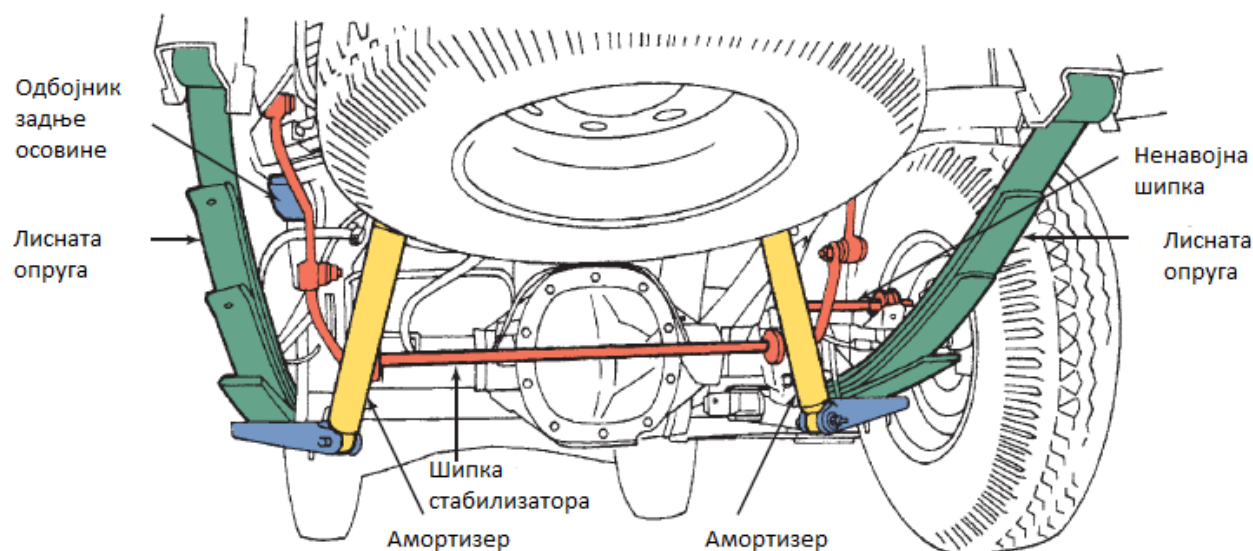
3. Системи ослањања задње осовине

3.1 Зависно ослањање

3.1.1 Систем са лиснатом опругом

Две опруге - вишеслојне или једнослојне - су постављене под правим углом према осовини, а заједно са амортизерима, смештене су испод кућишта задње осовине. Предња страна две опруге је причвршћена носачима на оквиру возила вијком и вођицом који су убачени кроз опруге. Док чаура омогућава кретање опруге, она изолује остатак возила од бучних вибрација пута [9].

Средина сваке лиснате опруге повезана је U-вијцима на кућишту задње осовине. Гумени одбојници налазе се између кућишта задње осовине и оквира или кућишта јединице како би се пригушили тешки удари. Задњи зглобови су причвршћени за шасију, који се вијком и вођицом причвршћују на опруге [9].



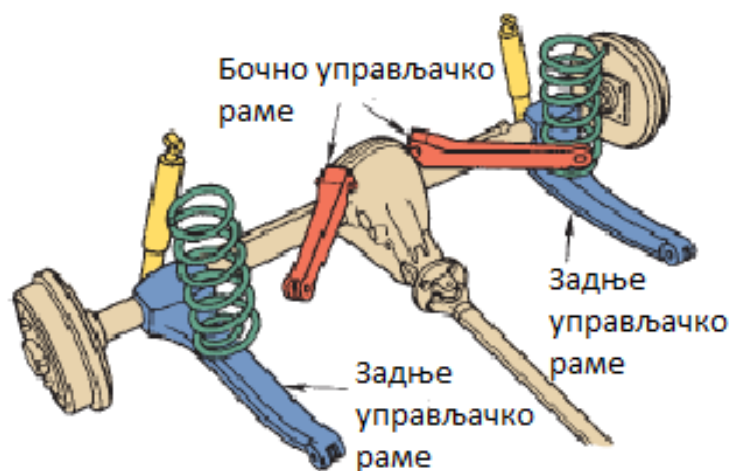
Слика 3.1 Типично задње ослањање са лиснатим опругама, компаније Форд [9]

Постоје неки недостаци система ослањања са осовином. Недостатак је нестабилност изазвана употребом чврсте осовине. Будући да су оба задња точка повезана на исту осовину, кретање једног или више точка утиче на друго. Под јаким убрзањем, ова врста ослањања подлеже брзим скоковима нагоре и надолу на задњој осовини услед апсорпције обртних момента на лиснатој опрузи. Ово стање може сломити опружне носаче и амортизере и изазвати прерано хабање лежачега точка. Осовина се смањује постављањем амортизера на супротне стране (предњу и задњу) осовине [9].

3.1.2 Систем са завојном опругом

Нека возила користе две завојне опруге за ослањање задње осовине. Будући да завојне опруге могу преносити само вертикалне силе и имају малу способност учвршћивања осовина, таквим возилима су потребне предње и бочне управљачке полуге или

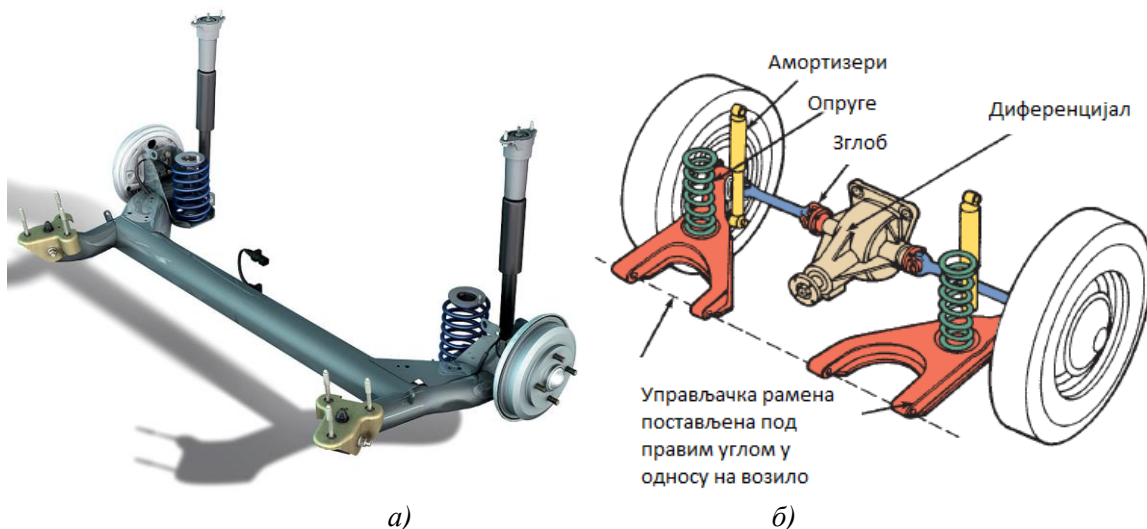
вођице. Ова врста ослањања назива се крута осовина са подужним вођицама. Завојне опруге су смештене између носача на кућишту осовине и каросерије или оквира возила, држе се на месту под утицајем тежине возила, а понекад и амортизерима (слика 3.2). Управљачке полуге су обично израђене од каљеног челика и монтиране су са гуменим улошцима. Моменти убрзања и кочења преноси се кроз три или четири управљачка крака, зависно од решења. Увек се користе две везе, али на појединачним моделима се могу наћи једна или две бочне везе. Задња рамена се монтирају на доњу страну осовине, и крећу се напред под углом од 90 степени према осовини, како би се учврстили носачима на оквир аутомобила. Гумене вођице се користе на местима за везивање како би се омогућило кретање рамена горе-доле и смањила бука и ефекти ударних оптерећења. Неки склопови задње осовине повезани су са рамом помоћу две доње управљачке полуге и панелом [4].



Слика 3.2 Типично ослањање са завојном опругом [4]

3.2 Полунезависно ослањање

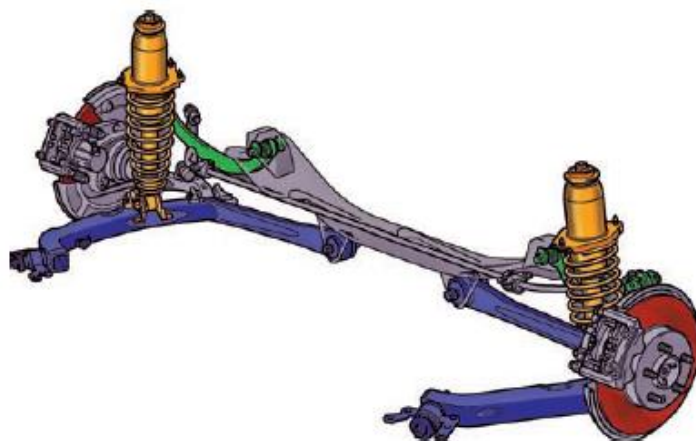
Полунезависни систем ослањања користи се на многим моделима са погоном на предњим точковима. На неким је положај ослањања фиксиран гредом, или пречком, која се креће између две полуге (слика 3.3а). Иако постоји чврста веза између две половине ослањања због греде, греда се окреће док се склопови точкова крећу горе-доле. Задатак увијања је не само да омогући кретање ослањања горе-доле, већ да делује и као стабилизатор. Често се користи и посебан систем полуга са опругом (слика 3.3б). У интегрисаном или одвојеном систему ослањања, сваки задњи точак је независно ослоњен преко опруге. С овим системом ослањања обично се користи склоп опруге и амортизера. Дно носача је постављено на задњи крај крака. Горњи део је монтиран на ојачани унутрашњи панел блатобрана [4]. Кочни момент преноси се преко управљачких полуга и носача. Полуге и носачи такође одржавају положај предњег и задњег дела, као и бочно позиционирање точкова.



Слика 3.3 Полунезависно ослањање [4]

3.3 Независно ослањање

Независна ослањања се могу наћи на великом броју возила са *FWD* и *RWD* погоним. Ако се точкови могу кретати независно на путу, побољшава се вуча и вожња. На пример, понекад се користе контролне полуге у облику слова *A*. Кад су читаве контролне полуге у облику слова *A* постављене под углом, оне су познате као полууправљачке полуге. Опруге се користе између управљачке полуге и каросерије возила. Контролне полуге су на другом крају причвршћене на осовину рукавца. На вођицу или управљачку полуку причвршћен је амортизер. Нека возила користе систем задњег ослањања који користи доњу управљачку полуку и отворене погонске осовине. Поклопац је причвршћен на управљачке полуге, док су врхови амортизера монтирани на шасију. Оптерећења од обртног момента стварају савијање и увијање управљачке полуге током убрзавања и успоравања [4].

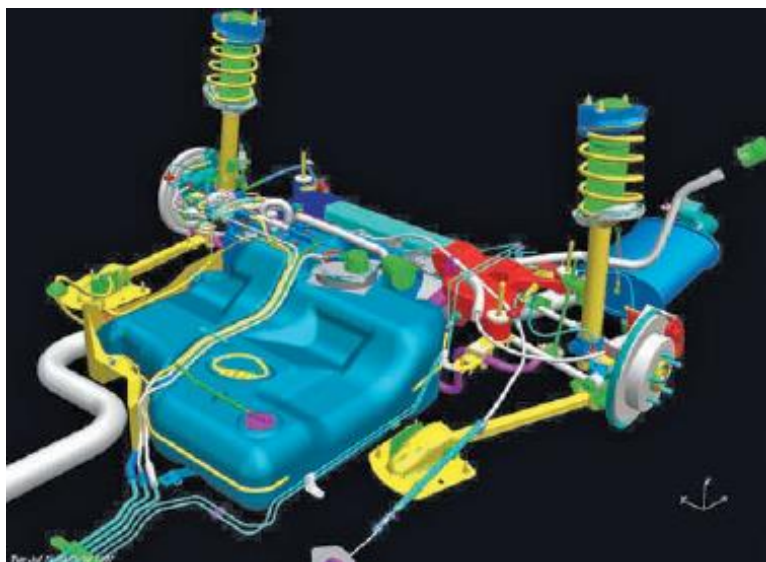


Слика 3.4 Задње ослањање са двоструком главом, произвођач Тојота [4]

Једно од најновијих конструктивних решења задњег ослањања који користе произвођачи аутомобила приказано је на слици 3.5. На овом типу система ослањања, носач рукавца точка се користи за учвршћивање амортизера, спољашњих крајева две од четири управљачке полуге, задњег краја вођице и задњег точка. Управљачке полуге имају гумено-металне ослонце различитих величина на својим спољашњим

крајевима [4]. Крајеви са мањим ослоњцима причвршћују се близу средишње линије каросерије, а крајеви са већим ослоњцима причвршћују се на осовину рукавца. Приликом замене управљачких полуа обавезно је померање (offset) на њиховим спољним крајевима и прирубница на страни полуа у правцу прописаном у упутству за сервисирање произвођача. Овај систем се такође назива немодификовани Макферсон систем ослањања. Модификовани Макферсон систем задњег ослањања је уобичајен за возила са погоном на предње токове. Главне компоненте на свакој страни возила су модификовани Макферсон амортизери, доња управљачка полуа, вођица и осовина рукавца точка. Завојна опруга поставља се између доње управљачке полуа и попречне греде/бочног носача. Рукавац, осим што придржава задњи точка, користи се као место за причвршћивање спољашњег краја управљачке полуа и задњег краја вођице. Унутрашњи крај управљачке полуа причвршћен је за попречну греду [4].

Друго решење задњег ослањања користи Чепменову (Chapman) опружну ногу која је слична модификованој Макферсоновој опружној ноzi. Разлика је у томе што је Макферсон амортизер укључен директно у систем за управљање аутомобила, а Чепменов није. Поред тога, Чепменова опружна нога се може користити са уобичајеним опругама, често лиснатим опругама. Системи ослањања на задњој осовини са лиснатом опругом користе се на многим возилима са конвенционалним задњим погонима. Међутим, поред уобичајеног монтирања опруга у подужном правцу, неколико система са лиснатим опругама користе опруге монтиране попречно. Може се користити опруга са једним или више листова. Опруга с попречно постављеним гибњем монтира се на кућиште диференцијала, а не на оквир возила као што је то случај при подужној уградњи. Задњи амортизери или опружне ноге имају иста сервисна ограничења као и они који се користе на предњем делу возила. Они се не могу прилагодити, поново напунити или поправити.

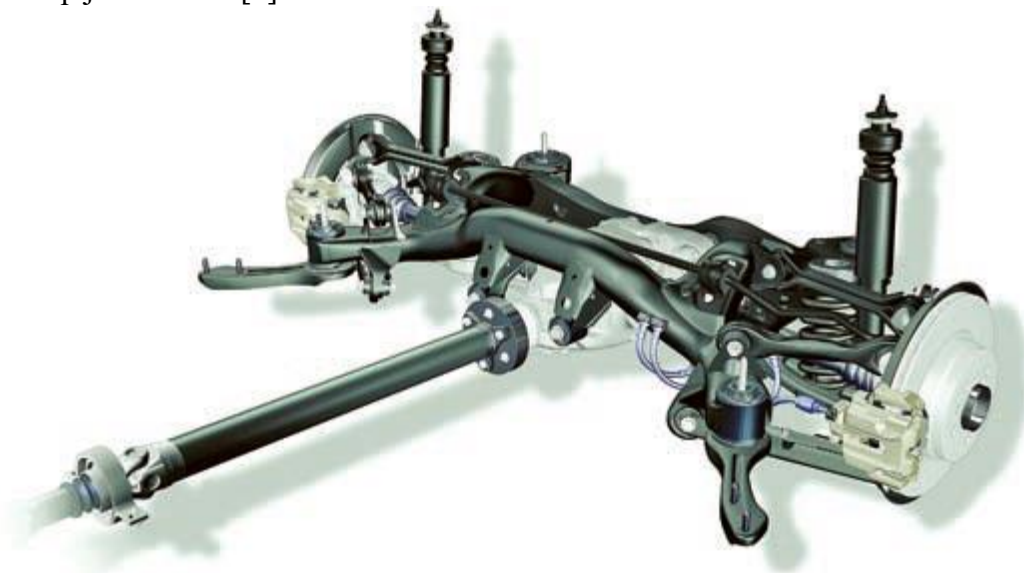


Слика 3.5 Систем задњег ослањања компаније Крајслер [4]

3.3.1 Задње ослањање мултилинк

Задње ослањање мултилинк користи неколико управљачких полуа за вођење токова (слика 3.6). Различити модели садрже различите типове задњег ослањања. Системи

ослањања и управљања задовољавају различите захтеве динамике возила, комфорне вожње и захтевима простора. Задњи точак причвршћен је горњом бочном управљачком полугом и спонама. У циљу смањења тежине, трапезоидна веза и горња полуга се изводе као шупљи алуминијски одливци. Носач је причвршћен на доњу полуку како би пружио вертикалну подршку. Ослањање са двоструком везом која такође носи точак, горње и доње полуге. Опруга се налази на задњој вези испред центра точка, а амортизер је иза њега [4].



Слика 3.6 Задње ослањање мултилинк BMW-а [4]

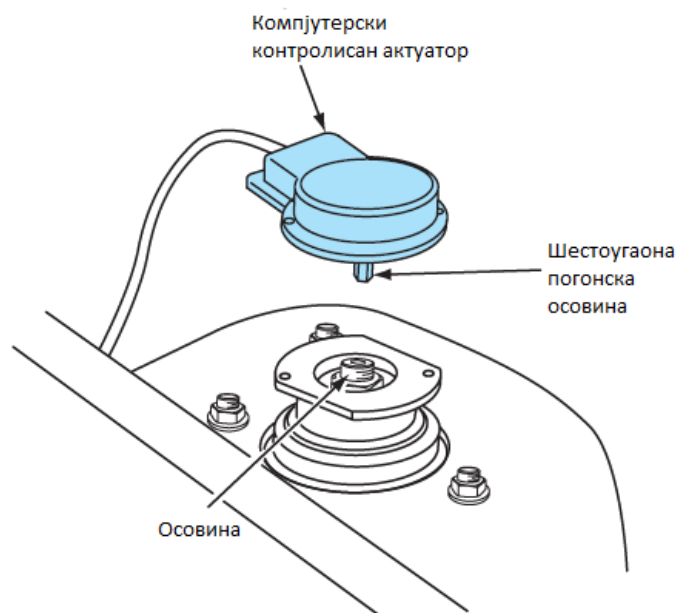
3.3.2 Ослањање са рачунарским управљањем

Многа возила су опремљена рачунарски контролисаним активним системима ослањања који пружају меку, удобну и нормалну вожњу аутопутем, а затим се аутоматски и врло брзо пребацују на круту вожњу у кривини, приликом кочења или убрзања. Компјутерско ослањање смањује нагињање каросерије током наглог скретања и тако доприносе побољшању квалитета вожње и безбедности возила. Неки системи ослањања са рачунарским управљањем дозвољавају возачу да подеси четири начина ослањања како би му се омогућило да квалитет вожње прилагоди стилу вожње [7].

Неки рачунарски управљани амортизери имају електронски активирани соленоид у сваком амортизеру. Ови соленоиди закрећу вентиле амортизера или потпорне осовине да би подесили отвор на вентилу амортизера (слика 3.7). Остали амортизери или подупирачи садрже магнето-реолошке течности који садрже суспендоване честице гвожђа [7].

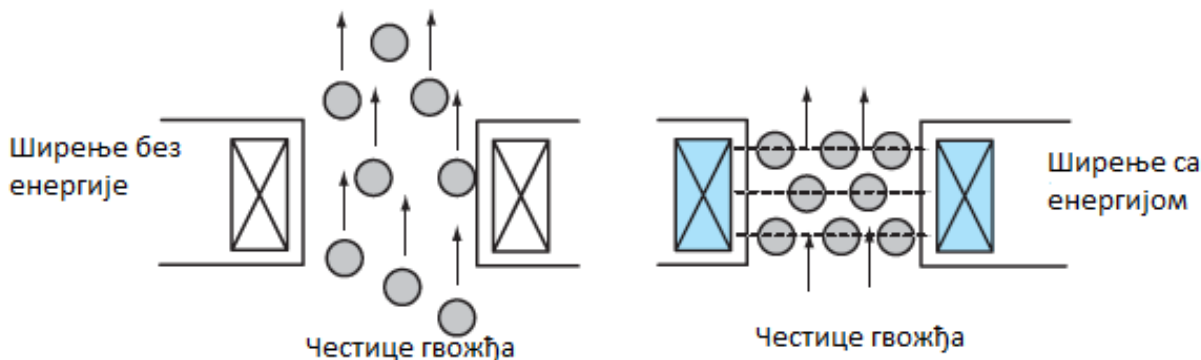
Када струја не тече кроз намотаје, честице гвожђа се насумично распршују у уљу. Под овим условима, коензистенција уља је ређа и уље лако тече кроз вентиле амортизера како би се добила мекша вожња. Ако рачунар појача јачину струје напајања која се доводи до намотаја амортизера, честице гвожђа су поравнане, тако да уље има већу вискозност-гушћу коензистенцију (слика 3.8). Ова акција одмах пружа много крућу вожњу. Рачунар може да пружи велике разлике у протоку струје у намотају амортизера и широк спектар управљања вожњом. Улазни сензор у сваком углу, обавештава рачунар возила о брзини померања и одскока точка, а рачунар користи ове улазне

сигнале за управљање намотајима у амортизеру или актуаторима (подупирачима), како би регулисао проток течности у амортизеру.



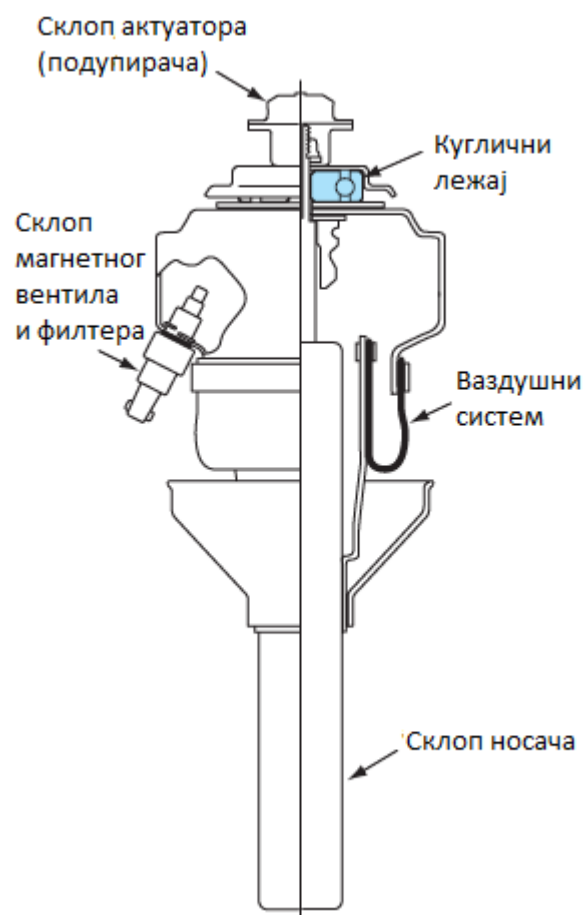
Слика 3.7 Покретање актуатора (подупирача) [7]

Једна од предности рачунарско контролисаних амортизера је висока брзина реакције система ослањања, при којој савремени рачунари могу да извршавају излазне функције. На пример, рачунар може да промени густину магнетореолошке течност у амортизеру у року од око 1 милисекунде. Када точак и пнеуматик ударе у неравнину на путу и помере се према горе, ово брзо рачунарско деловање прилагођава густину течности у амортизеру у односу на брзину померања точка пре него што се точак помера силазним ходом и пада на површину пута [7].



Слика 3.8 Деловање магнетно-реолошке течности у амортизеру [7]

Неки рачунарски системи ослањања уместо конвенционалних опруга имају ваздушне опруге (слика 3.9). Предњи и задњи сензори висине информичу рачунар, а рачунар користи компресор за ваздух и контролне вентиле за ваздух и контролише количину ваздуха у ваздушним опругама и тако контролише висину ослањања. Нека ваздушна ослањања такође имају амортизере или подупираче са рачунарским управљањем [10].



Слика 3.9 *Монтажа ваздушне опруге и носача [7]*

4. Ослањање - одржавање и дијагностика

4.1 Провере ослањања:

Провере система ослањања су релативно једноставне и своде се на следеће:

- провера безбедности опреме за ослањање и компоненте,
- провера рада амортизера,
- провера висине (ослањања) возила и
- провера да ли има хабања и цурења [1].

4.1.1 Амортизер

На слици 4.1 приказано је место где треба проверити цурење уља из амортизера. Рад амортизера се може проверити на једноставан начин. Неравномерно хабање пнеуматика и лоше држање на путу често указују на слабо одржавање амортизера [1].



Слика 4.1 Провера цурења на амортизеру [1]

4.1.2 Провера висине ослањања возила

Провера висине ослањања возила треба да се изводи на равној, а не нагнутој подлози. Висине возила треба проверити у складу са упутствима произвођача, на пример, пнеуматик - подешавања притиска, без људи у возилу, и са специфичном количином горива у резервоару. Мерење је најбоље урадити са чврстом и правом шипком калибрисаном на димензије произвођача. Употреба мерне траке се не препоручује [1].



Слика 4.2 *Позиције на којима се мери висина [1]*

4.1.3 Уобичајени систем ослањања, грешке и чести узроци

1. Неправилна висина вожње (неједнака или ниска):

- сломљена опруга или, пример корозије на врху Макферсона,
- оштећене или савијене полуге ослањања.

2. Напукнут, или истрошен систем:

- обично због велике километраже или дугог животног века возила.

3. Бука :

- прекомерно хабање компоненти или олабављени елементи ослањања или причвршћења,
- недостатак мазива.

4. Прекомерна вожња и истрошене компоненте ослањања:

- истрошене, лабаве компоненте ослањања,
- истрошени амортизери.

5. Пропуштање течности из амортизера и хидраулике:

- истрошени пригушивачи због велике километраже или тешких услова,
- лабави хидраулични спојеви или напукле цеви или црева [1].

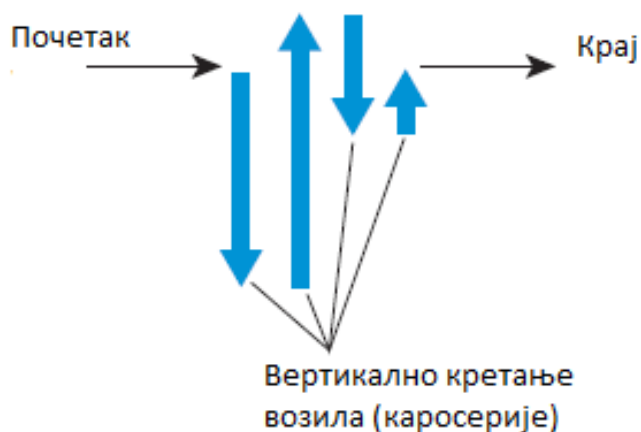
4.1.4 Тест амортизера

Да би се извршио тест возила, сваки крај возила треба вертикално гурати на доле. Али посматрање реакције возила тада треба бити спроведено као на слици 4.3. Возило треба да реагује два или три пута скачући ако је испитивани амортизер исправан.

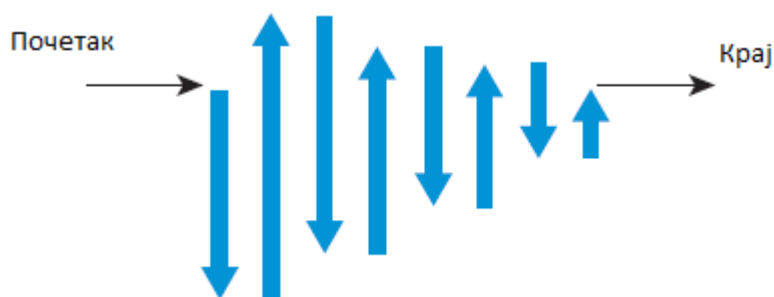


Слика 4.3 *Тест амортизера (одскакање)* [1]

Ако се амортизер више пута ослободи/осцилује, тада амортизере треба даље прегледати. Техничар треба проверити цурење, безбедност ослањања и каросерија возила. Пропуштања могу бити видљива око прљавштина, јер ће уље процурети поред клипа амортизера и заптивача.



Слика 4.4 Добра реакција пригушивања на тест одскока [1]



Слика 4.5 Амортизер који је истрошен и осцилује превише пута током теста одскока [1]

Ако се сумња да амортизер има грешку, требао би бити замењен амортизером са друге стране возила, тј. заменити им места. Није препоручљиво користити само један амортизер приликом тестирања (док је други демонтиран), јер може довести возило у дисбаланс [1].

5. Пример модерне примене система задњег ослањања

5.1 Audi TT Coupe

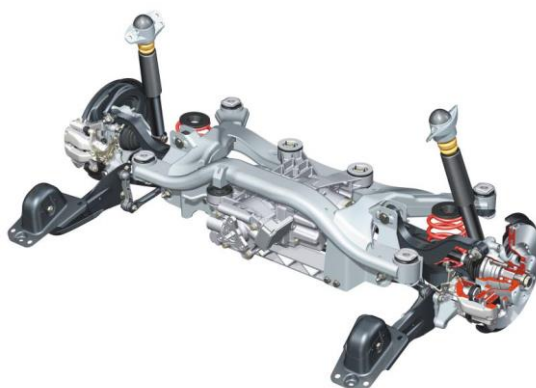
Задња осовина Аудија ТТ је у основи идентична конструктивном решењу и функцији система ослањања на задњој осовини модела Ауди А3.

Носачи точка, лежајеви амортизера и точкова су модификоване верзије компоненти које се користе на Аудију А3. Повећана је ширина трага точкова за 15 mm са сваке стране у односу на Ауди А3 [10].

Еластичне и пригушне компоненте (опруге, амортизери и стабилизациона шипка) су прилагођене посебним захтевима Аудија ТТ. Задње управљачко раме на овим моделима је заштићено пластичним облогама.



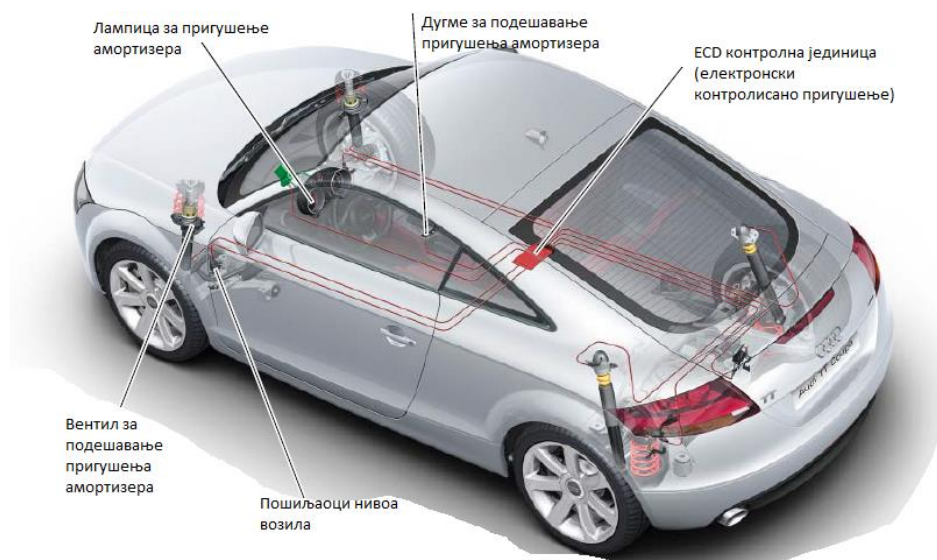
Слика 5.1. Систем задње осовине за погон на предњим точковима [10]



Слика 5.2 Систем задње осовине за моделе са погоном на сва четири точка [10]

5.1.1 Ауди „магнетна“ вожња

Ауди ТТ је први Ауди који је имао нови полуактивни систем ослањања са магнето-реолошки управљаним амортизерима. Подешавања спортских или комфорних модова рада амортизера може се остварити додиром дугмета.



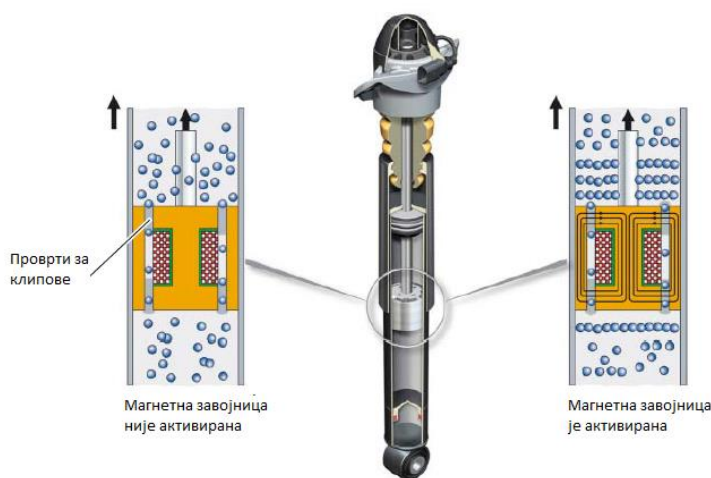
Слика 5.3 Елементи за пригушење амортизера на возилу [10]

Ауди „магнетна“ вожња побољшава динамику вожње и удобност у вожњи из следећих разлога:

- смањено кретање каросерије (нагиб),
- оптимизовано понашање вибрација,
- побољшано држање на путевима - побољшано руковање [10].

Функција пригушивања заснива се на магнето-реолошком ефекту. Предуслов за то је употреба посебне течности за пригушивање. Овај магнетно-реолошки флуид је суспензија која се састоји од синтетичког уља у којем су фери-магнетне честице пречника 3-10 μm .

Када се магнетни калемови не активирају, магнетне честице су неправилно распоређене у уљу за пригушивање. Током кретања клипа (горе-доле), честице се слободно крећу кроз течност и праве пригушење ослабања. Течност са честицама има низак отпор према кретању клипа. Као резултат тога, сила пригушења је мала [10].



Слика 5.4. Магнетне завојнице (неактивне и активне) [10]

За стабилизацију течности додају се различити адитиви. Примена магнетног поља мења својства магнето-реолошке течност. Магнетне честице су поравнате у правцу линија магнетног поља. То мења напон флукса течности. Када се магнетна завојница активира тј. електрично поље, магнетне честице су усклађене са магнетним пољем. Тако се формирају дуги ланци у близина клипа.

Ови ланци честица су претходно поравнати попречно и течност улази у отворе малих пречника у клипу. Током удара клипа, појединачне честице се распадају и потискују са течношћу кроз отворе клипа. Отпор који клип мора да савлада већи је него у случају магнетне завојнице која нема енергију и зависи од количине електричне струје и јачине магнетног поља. То омогућава постизање већих сила пригушења [10].

5.1.2 Пригушница

Магнето-реолошки амортизер су много једноставнији у смислу конструкције од класичних амортизера. Комплексни конвенционални пригушни вентили више нису потребни. Они су замењени отворима у клипу кроз који се креће течност. Поред тога, користе се једноцевни амортизери. Магнетне завојнице су интегрисане у клипове.

Магнет се напаја кроз шупље клипне шипке дуж дискретних линија са управљачке јединице. Зависно од типа мотора (4 или 6 цилиндара), користе се различите пригушнице за предњу осовину, док се једноцевни амортизери користе за све типове мотора на задњој осовини [10].



Слика 5.5. Амортизер задње осовине [10]

5.1.3 ECD електронска управљачка јединица (електронски управљано пригушивање)

Управљачка јединица прима измерене податке од сензора нивоа возила, као и информације о тренутном стању вожње од стране ESP-а (*Electronic Stability Programme*). Контрола јединица обрађује податке и на тај начин утврђује тренутни редослед активирања амортизера. Сваки пригушивач се активира појединачно.

Амортизери се не активирају када возило мирује. Управљачка јединица налази се испод сувозачевог седишта.



Слика 5.7 ECU – електронска управљачка јединица [10]

5.1.4 Сензори нивоа возила

Сензори нивоа возила су идентични по конструкцији и функција са оним који се користе на моделима Аудија А6 и А8. Брзина узорковања је 800 Hz. Измерени подаци су очитавања која се помоћу контролне јединице преко дискретних линија, обрађују и преносе на управљачку јединицу преко CAN сабирнице [10].



Слика 5.8 Сензор нивоа возила [10]

5.1.5 Дугме за подешавање пригушивања амортизера

Дугме се користи за избор подешавања амортизера. Стандардни рад пригушивача је конфигурисање удобности. Могуће је активирати спортско пригушивање притиском на дугме. Уграђен је LED индикатор на тастеру који означава да је спортска поставка активна. Зависно од варијанте са инструмент таблом, може се појавити додатна текстуална порука. Сигнал са дугмета, чита контролна јединица преко дискретних линија [9].



Слика 5.9 Изглед и положај дугмета за подешавање пригушења амортизера [10]

5.1.6 Лампица упозорења

Неисправности система означавају се лампицом упозорења унутар панела на табли. Лампица упозорења је потврђена кад год се стартује возило. Ова лампица се такође укључује ако је уметак неисправно кодиран [13].



Слика 5.10 Изглед лампице упозорења на панелу на табли [10]

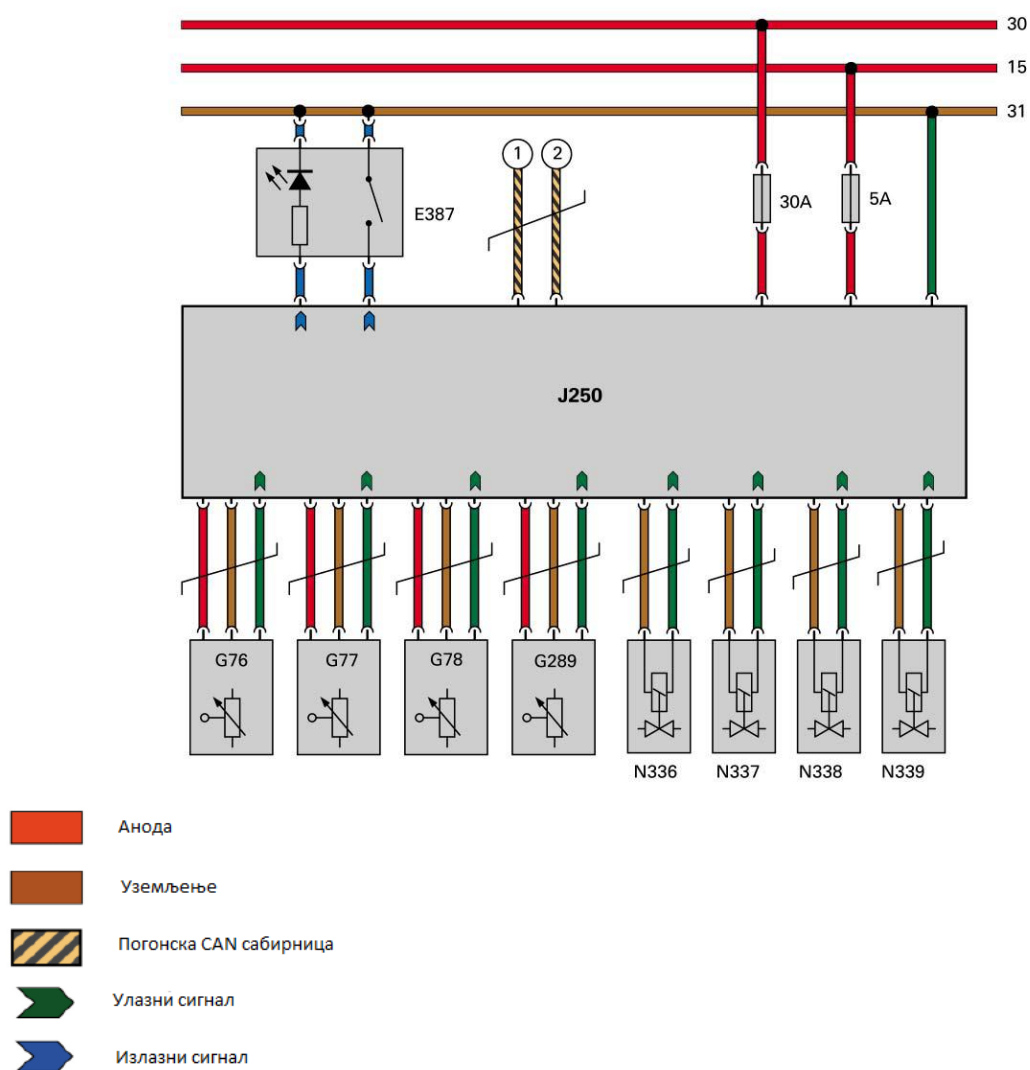
5.1.7 Тест амортизера

Када се дугме притиснете дуже од 5 s, магнетни калемови се активирају применом константне електричне струје. У овом стању, амортизери се могу тестирати на испитном столу. Индикаторска LED лампица на тастеру трепери када је режим "амортизер се тестира" активан. Систем постаје аутоматски када је дугме поново активирано, након укључивања/искључивања или током вожње брзином од најмање 10 km/h [10].



Слика 5.11 Тест амортизера [10]

5.1.8 Дијаграм функција

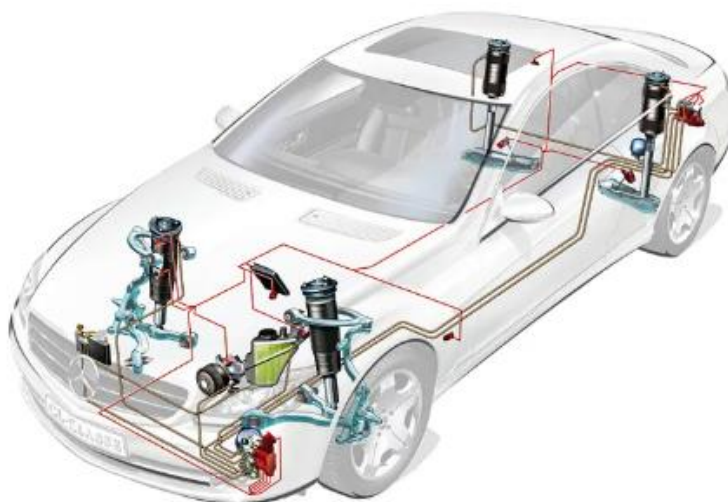


Слика 5.12. Дијаграм функција [10]

J250 - ECD контролна јединица
G76-78, G289 – Сензори нивоа возила
N336-339 - Вентили за подешавање амортизера
E387 - Дугме за подешавање пригушивања амортизера

5.2 Мерцедес „E-Active body control“

„E-Active body control“ је систем активног ослањања који контролише ваздушно ослањање возила. Подешава ослањање на сваком точку појединачно се врши како би се побољшао квалитет вожње. Интерна контролна јединица делује као „мозак система“, „читајући“ пут како би слао команде на сваки точак на основу услова на путу и стила вожње. „E-Active“ је први систем ослањања које може да контролише крутост и пригушење опруга и амортизера на сваком точку [16].



Слика 5.13 E-Active body control систем [16]

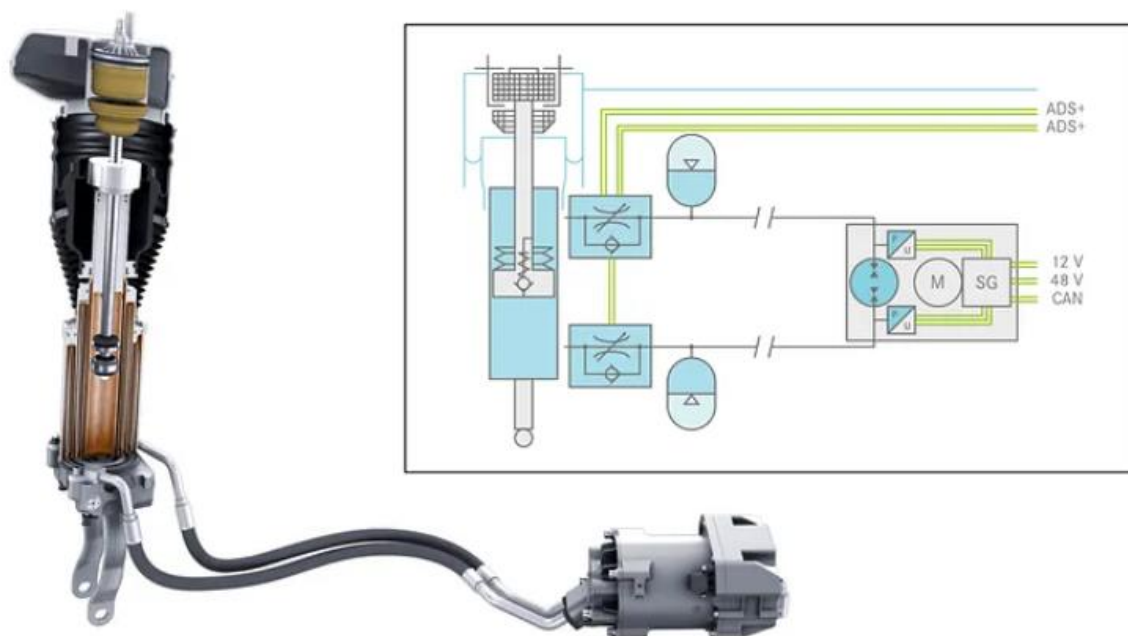
5.2.1 Систем „E-Active body control“

Модел GLE из 2020. има 48-волтни хибридни систем. Овај хибрид представљен је на купеу Мерцедес CLS са четворо врата и биће укључен у будуће СУВ моделе. Једна од функција система је да се напаја Е-Active body control. Хидрауличке линије повезују 48-волтни систем са пригушивачима, омогућујући им да повећају или смање притисак и подигну или спусте возило по команди. Ово спречава да се GLE-ова традиционална 12-волтна батерија не преоптерети [16].

5.2.2 Рад „E-Active body control“

Пригушнице стално раде на отклањању осећаја несавршености на путу. Покрети су понекад неочекивани и могу се осећати претераним, али резултат је у целини позитиван. Путници ће осетити вожњу која је једноставно мирна и удобна.

Е-Active се прилагођава у зависности од начина вође, с подешавањима која се крећу од мекших Есо и Comfort до чвршћих Sport и Sport Plus. Ту је и кривуља која нагиње возило за угао на начин на који се мотоцикл нагиње [16].



Слика 5.14 Потпуно активно ослањање са 48-волтном индивидуалном контролом [16]

5.2.3 E-Active body control off - road

Систем подиже возило како би повећао клиренс и чини возило способним да прелази реке скоро 2 метра дубоке. У случају да се возило заглави у песку или блату, режим слободне вође ослобађа амортизере, тако да ослањање одскаче док возило не може поново стећи вучу и изаћи из опасне ситуације.



Слика 5.15 Анимација система E-body control, на моделу GLE [15]

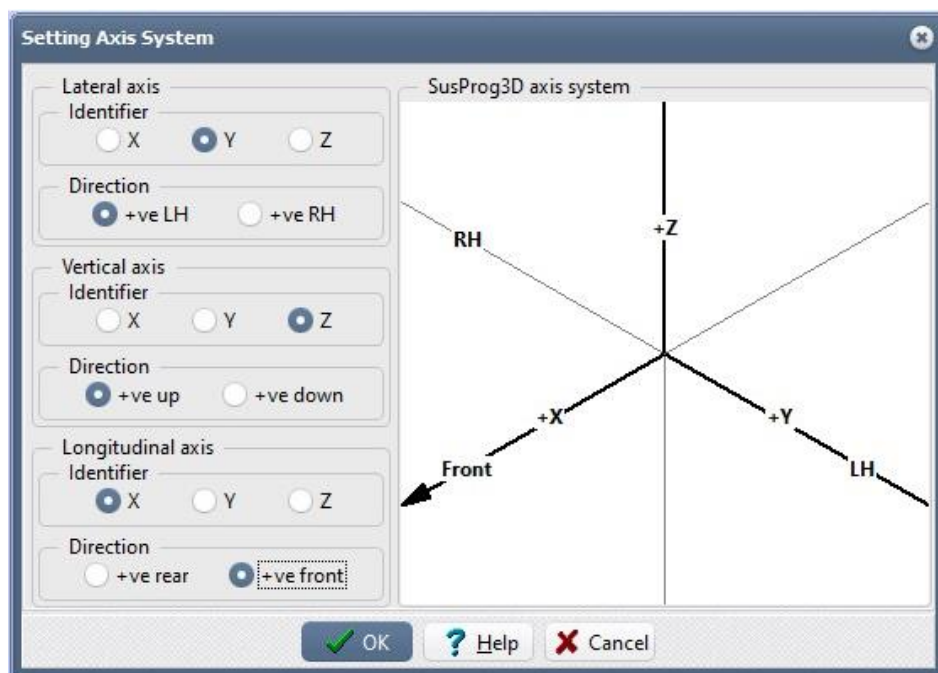
6. Поређење основне геометрије задњег ослањања три модела возила у програму „SUSProg3D“

Следећи део рада посвећен је поређењу основне геометрије ослањања точкова код различитих типова ослањања. Симулације су вршене у софтверу SUSProg3D где су креирани модели система ослањања са потребним вођицама, опругом и амортизером [17].

На следећим сликама приказан је уводни део софтвера са датим параметрима, координатама, дужинама елемената вођица код мулти-линк и McPherson система. Такође, може се видети једноставан приказ модела са свим елементима у Декартовом координатном систему са x , y и z осом.

Корак I:

- Покренути SUSProg3D.
- Овај туторијал ће користити метричке јединице и стандард ISO 4130 за систем координатних оса.
- Ићи на Подешавања (Settings) -> Settings -> Јединице (Units). Изабрати Метрички систем (Metric), а затим потврдити ОК.
- Започети са новом датотеком. Ићи на -> Ново (New)
- Ићи на Подешавања (Settings) -> (Settings) -> Axis System.
- Променити идентификатор бочне осе на „Y“, смер на „+ ve LH“; идентификатор вертикалне осе на „Z“, смер на „+ ve UP“; и идентификатор уздужне осе на „X“, смер на „+ ve front“. Притиснути ОК.



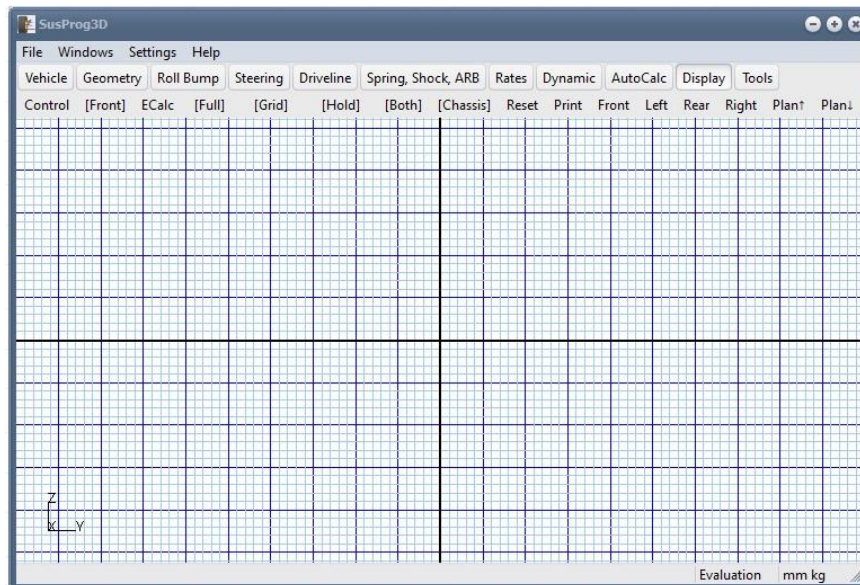
Слика 6.1 Покретање програма SUSProg3d

Такође се у Settings треба проверити да ли је димензија главчине точка правилно дефинисана (Settings -> Settings -> Wheel mounting flange). Изабере се Offset, затим OK.

У Settings се дефинише и угао конвергенције точкова (могуће је преко угла у степенима или преко офсета и дужине (Settings -> Settings -> Wheel toe measurement and specify 'offset & length')).

Корак II:

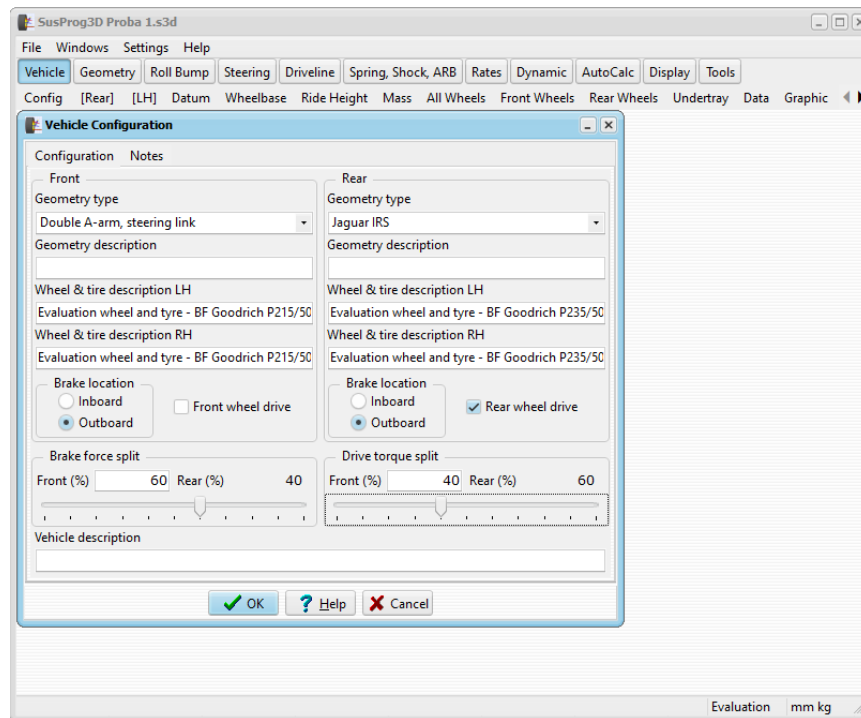
- Почетни екран би требао изгледати овако



Слика 6.2 Почетни екран

Корак III:

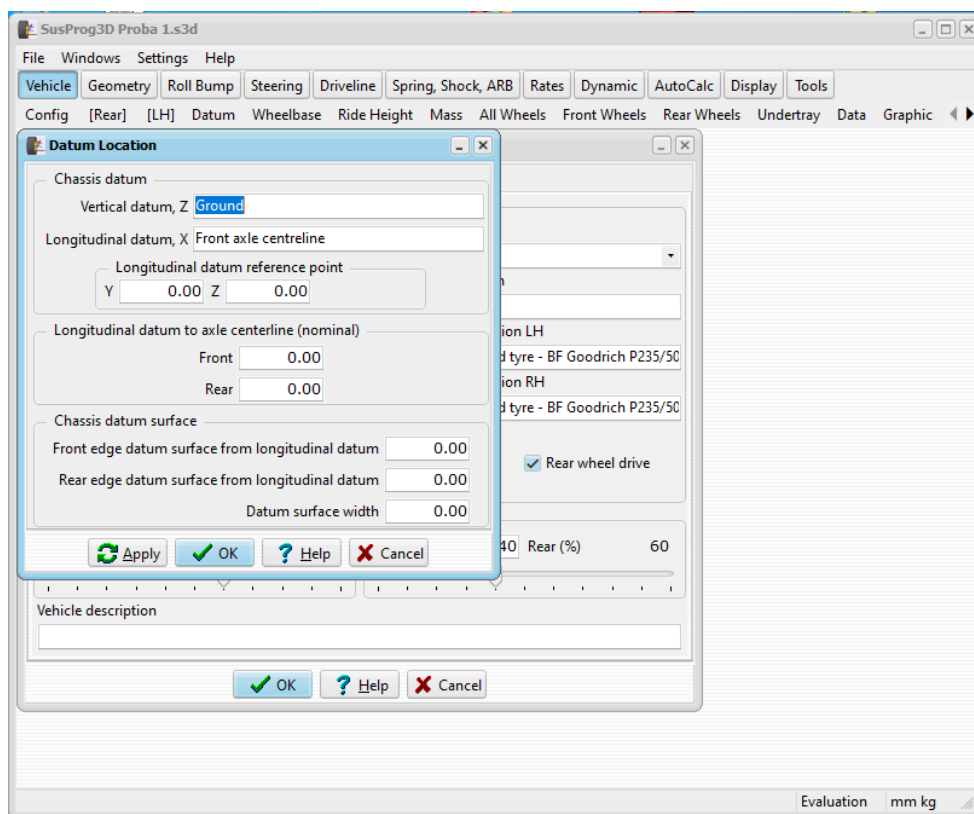
- Подесити податке о возилу.
- Изаберати картицу Возило (Vehicle), а затим редом ићи ставку по ставку. У зависности да ли се конструише предње или задње ослањање, следећи мени биће Fron/Rear.
- Такође се дефинише и врста погона (на предњим или задњим точковима), као и димензије пнеуматика.
- Конфигурација (Config).



Слика 6.3 Подешавање података о возилу

Корак IV:

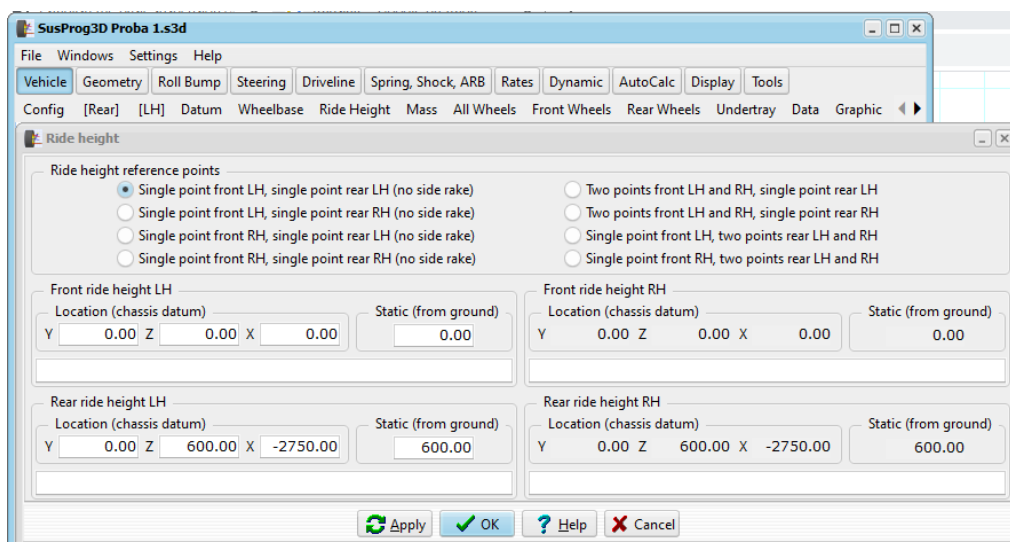
- Подесити референтне нивое (координатни почетак). Ниво пута се бира за нулти ниво за вертикални правац, а централна подужна оса возила као нулта оса у х-правцу.



Слика 6.4 Подешавање референтних нивоа

Корак V:

- Међуосовинско растојање. Ово је израчуната цифра, изведена из стварних положаја предњих и задњих тачкова. Требало би да покаже 2500.00. Након тога притиснути ОК.
- Висина вожње.



Слика 6.5 Подешавање међуосовинског растојања

Ово се користи за дефинисање и подешавање висине вожње возила. Омогућава подешавање висине вожње каросерије у једном кораку. Будући да се ради о друмском возилу, на сваком крају возила треба да се одреди само једна референтна тачка висине вожње.

За овај пример претпоставимо да меримо висине вожње са горње цеви шасије. Локација предње висине вожње биће 0,00, 600,00, 150,00, а статичка висина вожње 600,00. Локација задње висине вожње биће 0,00, 600,00, -2750,00, а статичка висина вожње 600,00.

Важно је да су дефинисане локације предње и задње висина вожње, јер ове две тачке контролишу израчунати положај тачака причвршћивања шасије у односу на подлогу. У овом случају, где је тло такође вертикални нулти ниво, тада су критичне димензије такве да димензија „Z“ и статичка висина вожње морају бити идентичне и да су локације две тачке „подужно одвојене“.

Кликните ОК.

Корак VI:

- Маса возила и положај тежишта.
- Ово се не користи за основне прорачуне геометрије, али могу се унети неке приближне вредности.

- Треба изабрати прерасподелу тежине при кретању у кривини за неослоњену и ослоњену масу. Овде су изабране масе 45 kg за неослоњену масу и 300 kg за прерасподељену масу у кривини. Поставити да је висина тежишта 450,00.
- Кликнути на дугме Примени (Apply). Проверити да је укупна тежина и дистрибуција ажурирана. Притиснути ОК.

SusProg3D Proba 1.s3d

Vehicle Mass and Center of Gravity

Corner weights (unsprung)		Corner weights (vehicle)	
LH	RH	LH	RH
Front 0.000 kg	0.000 kg	Front 0.000 kg	0.000 kg
		0.00 %	0.00 %
Rear 45.000 kg	45.000 kg	Rear 300.000 kg	300.000 kg
		50.00 %	50.00 %
		Total vehicle mass	600.000 kg

Front		Left side	
Total unsprung	0.000 kg	Total unsprung	45.000 kg
Total sprung	0.000 kg	Total sprung	255.000 kg
Total	0.000 kg	Total	300.000 kg
Distribution	0.00 %	Distribution	50.00 %

Rear		Right side	
Total unsprung	90.000 kg	Total unsprung	45.000 kg
Total sprung	510.000 kg	Total sprung	255.000 kg
Total	600.000 kg	Total	300.000 kg
Distribution	100.00 %	Distribution	50.00 %

Center of Gravity

Vehicle			
Y	0.00	Z	0.00
X	0.01		

Chassis (sprung mass)			
Y	0.00	Z	-47.53
X	0.01		

Chassis (sprung mass) datum coordinates			
Y	0.00	Z	-47.53
X	0.01		

Apply OK Help Cancel

Слика 6.6 Подешавање масе возила

Корак VII:

- Пробна верзија софтвера: димензије точкова су фиксне.
- Регистрована верзија: унети све димензије као што је већ приказано, а које се односе на димензије пнеуматика и точкова за предње и задње точкове.
- Притиснути ОК.

Wheel and Tire [Rear LH]

Wheel

Rim diameter	330.20	☒ mm ☐ in	13.000
Rim width	228.60	☒ mm ☐ in	9.000
Rim mounting offset	0.00	☒ mm ☐ in	0.000

Tire

Tire tread width	190.25	☒ mm ☐ in	7.490
Tire section width	260.86	☒ mm ☐ in	10.270
Tire rolling radius	269.34	☒ mm ☐ in	10.604
Tire diameter	560.23	☒ mm ☐ in	22.056
Tire spring rate	240.00	☒ N/mm	
	1370.436	☐ lb/in	

Tire parameters

Camber	Tire radius	Contact offset
0.00	269.34	0.00
0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00

Camber in degrees, Radius and Offset in mm

Wheel fitment

Spacer thickness	0.00	☒ mm ☐ in	0.000
------------------	------	--	-------

Description

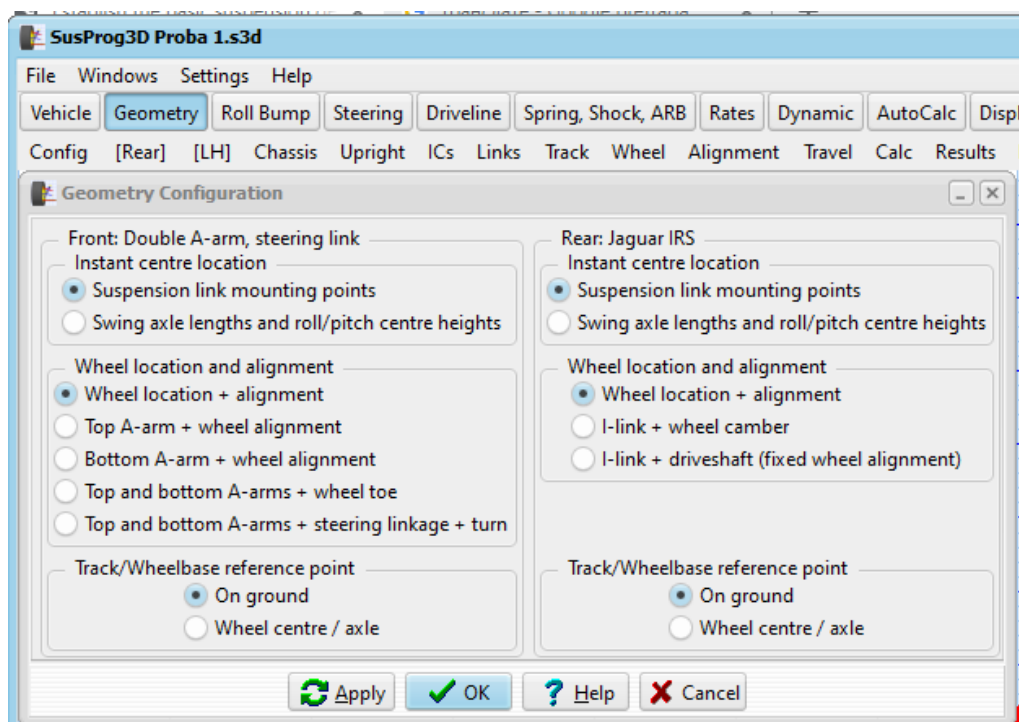
Evaluation wheel and tyre - BF Goodrich P235/50R13 on 9" rim

☒ RH identical

Слика 6.7 Подешавање димензије пнеуматика точкова

Корак VIII:

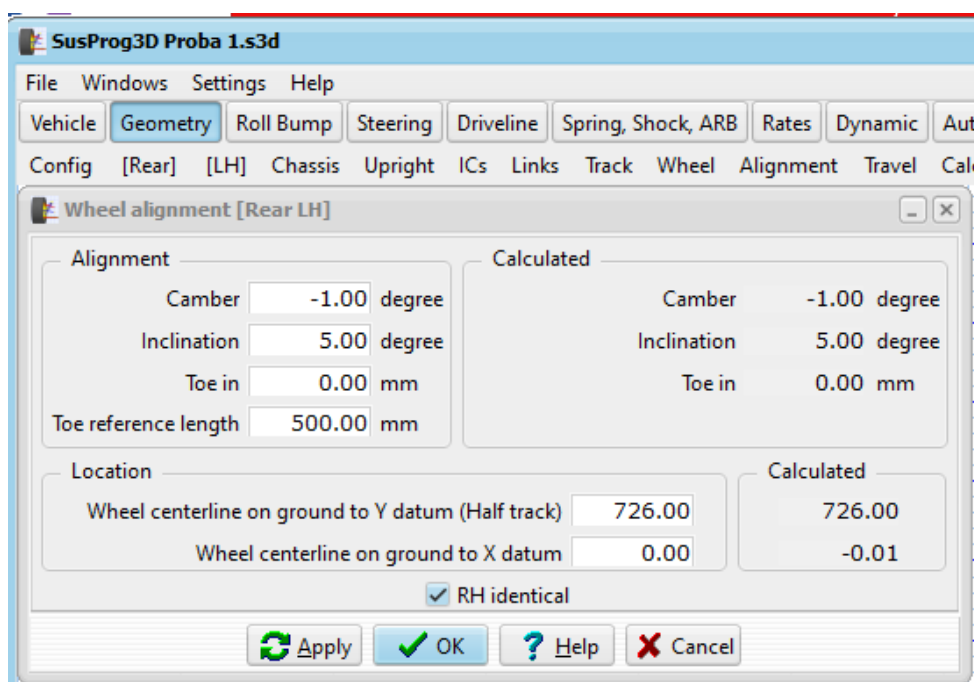
- Сада се може ући у конфигурацију геометрије.
- Одабрати картицу Геометрије (Geometry), а затим сваку ставку редом.
- Конфигурација (Config).



Слика 6.8 Подешавање димензије геометрије

Корак IX:

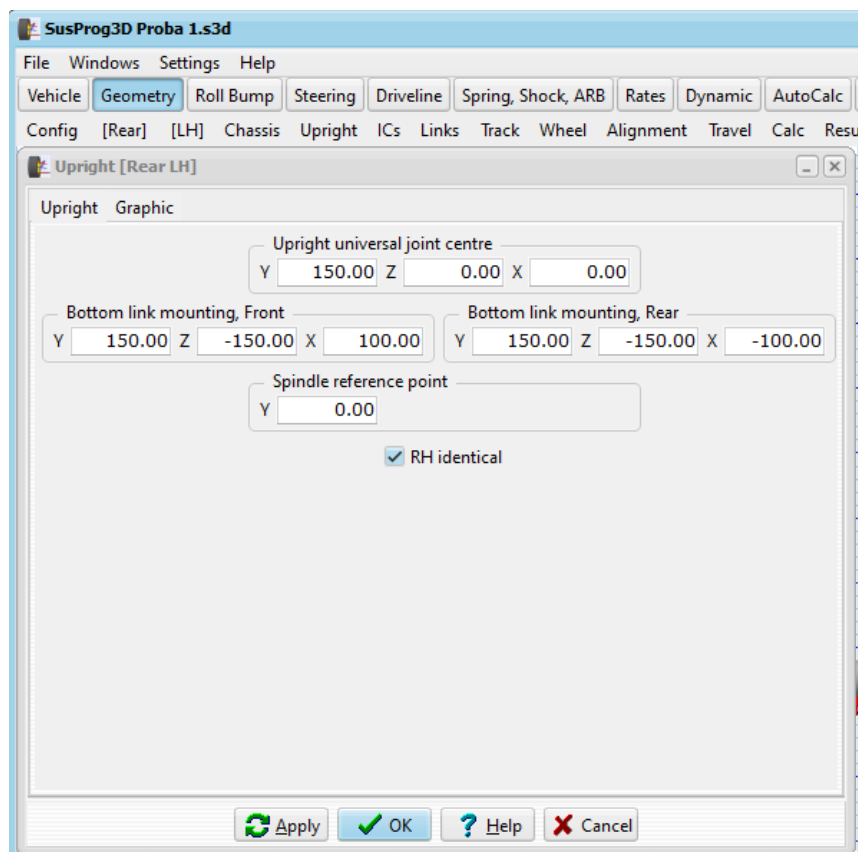
- Дефинише се геометрија точкова.
- Навести "половину вредности" као 762.00 (то ће резултирати трагом од 1524.00 mm).
- Све остале вредности оставити на нули.



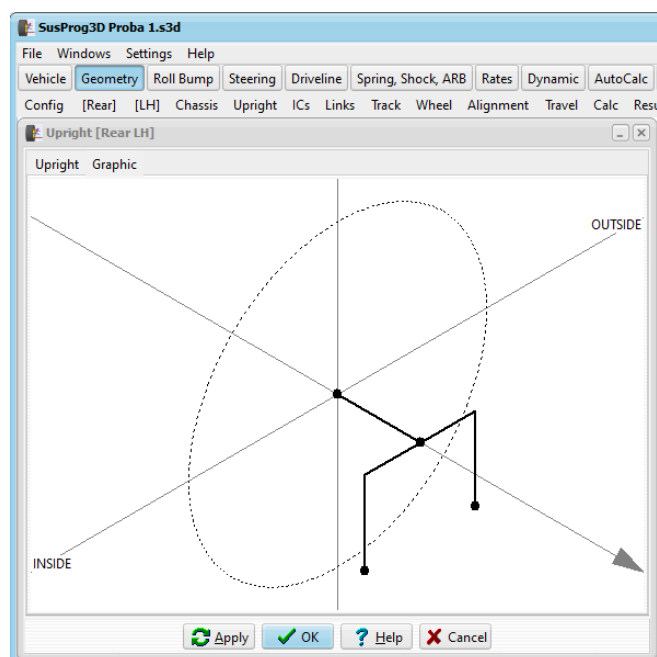
Слика 6.9 Геометрија точкова

Корак X:

- Овде се дефинише геометрија рукавца точка. Геометријски положај горњих и доњих зглобова фиксиран је у демо верзији. Ако се користи регистрована верзија, унети све димензије (x, z и y координату горње и доње зглобне везе).



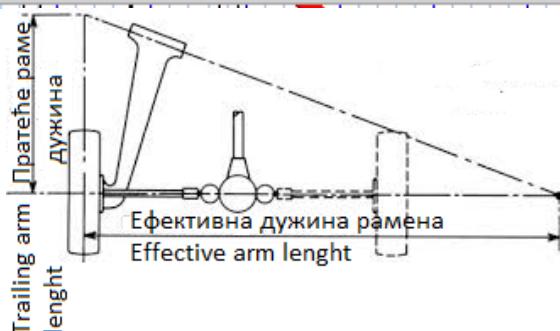
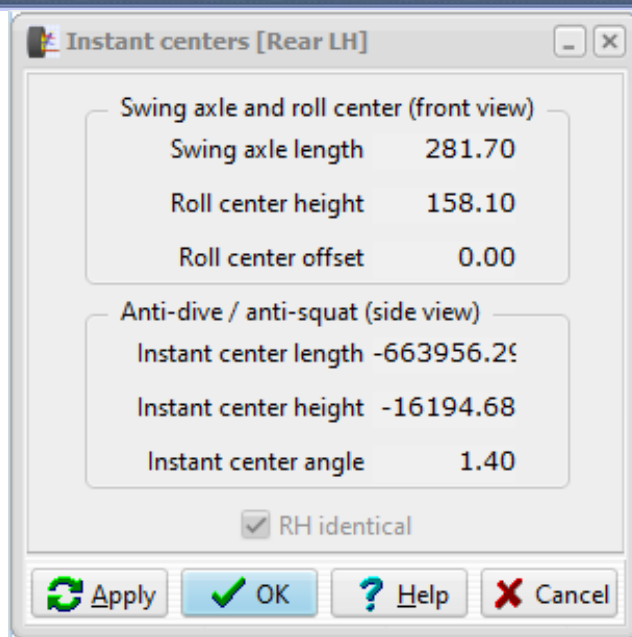
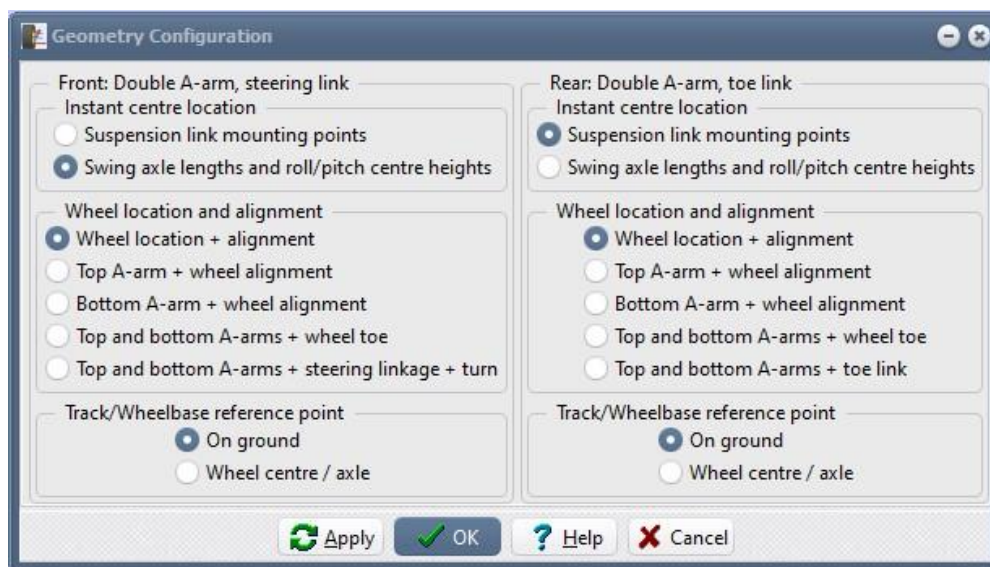
Слика 6.10 Горње и доње зглобне везе

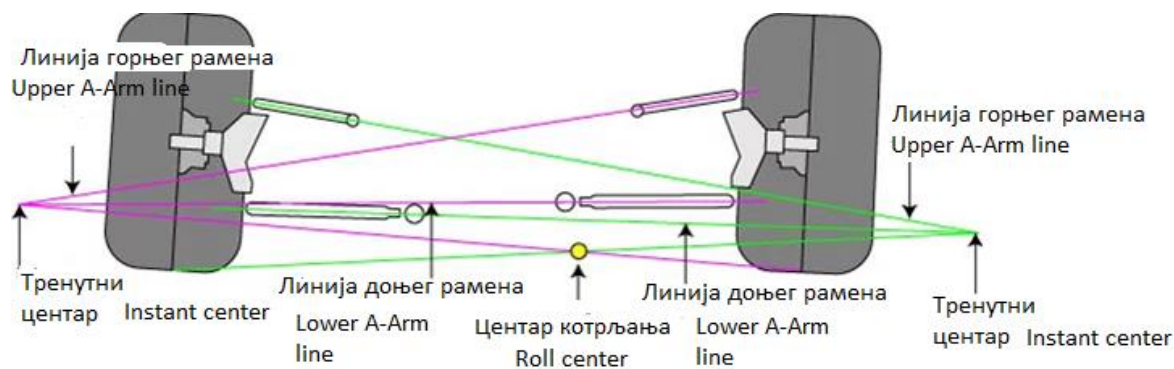


Слика 6.11 Горње и доње зглобне везе (Графички приказ)

Корак XI:

- Користиће се дужина осовине (swing axle) од 3150 mm и центар котрљања -5,00 који је одмах испод површине пута за израчунавање тренутног центра.
- Користиће се за одређивање висине тачака постављања шасије.
- Овде се одређује дужина осовине и локација центра котрљања.

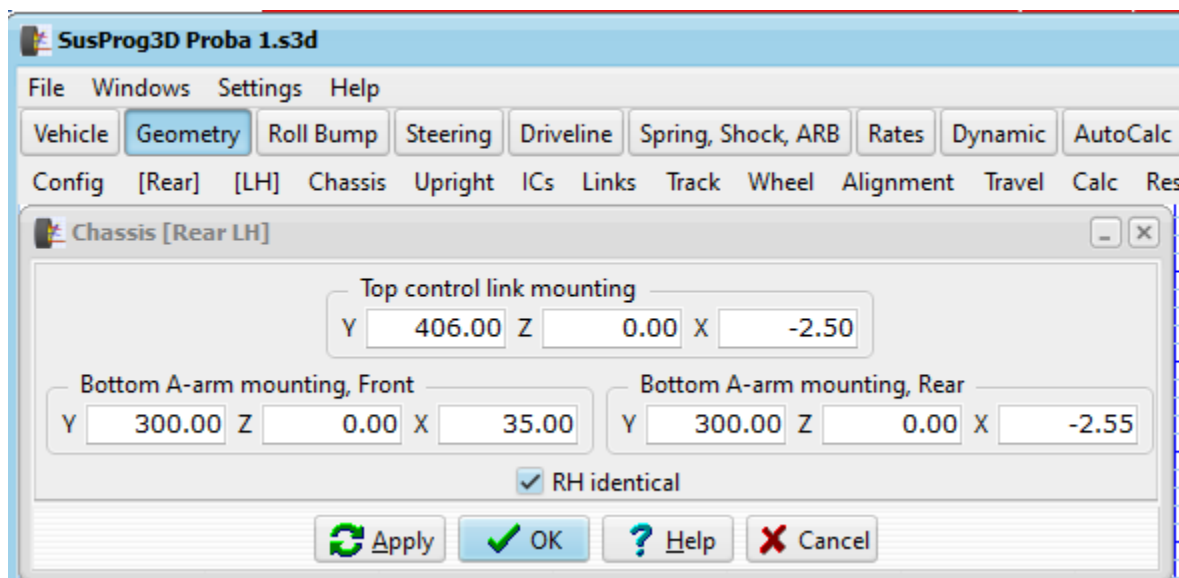




Слика 6.12 Дужина осовине и локација центра котрљања

Корак XII:

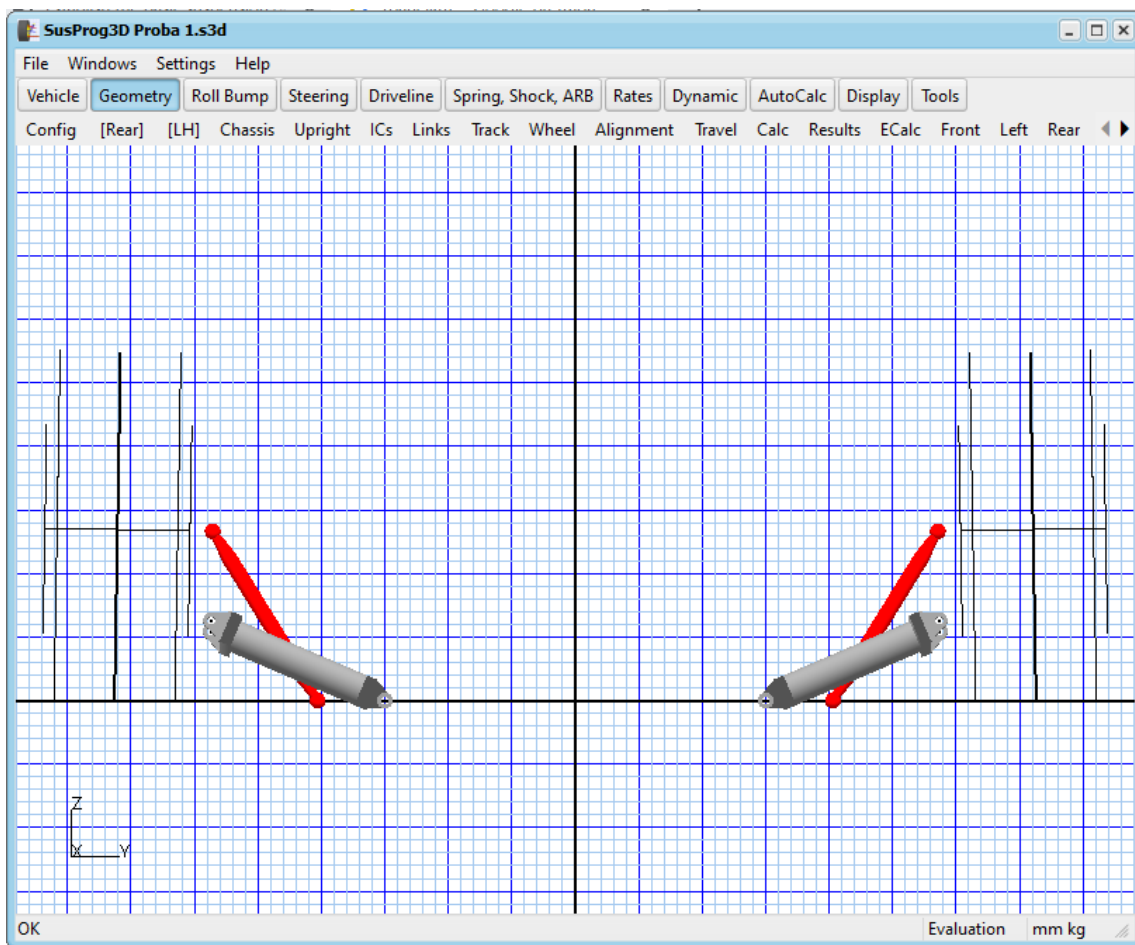
- Каросерија-шасија возила.
- Морају се навести бочне и уздужне димензије горње и доње тачке уградње вођица (у зависности од изабраног типа ослањања).
- Вертикалне димензије ће се израчунати из димензија осовине (swing axle) и центра котрљања.



Слика 6.13 Бочне и уздужне димензије

Корак XIII:

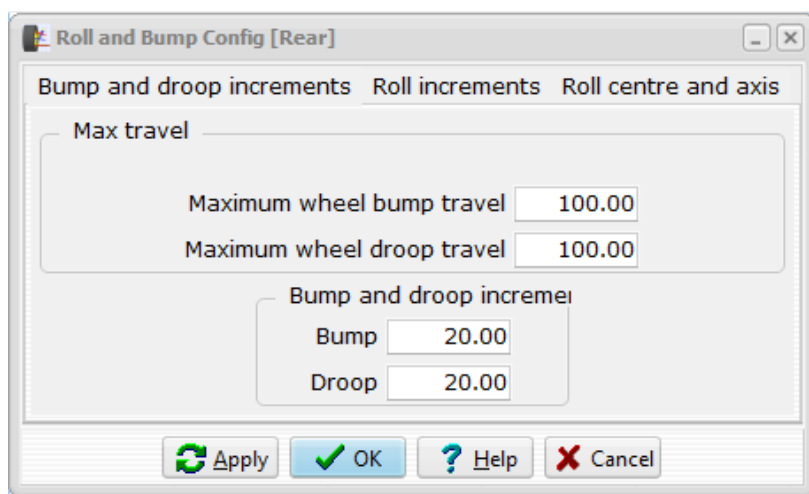
- Притиснути „Calc.“
- Ово ће урадити све прорачуне статичке геометрије и ажурирати графику. То би требало изгледати овако:



Слика 6.14 Прорачун геометрије у статичким условима

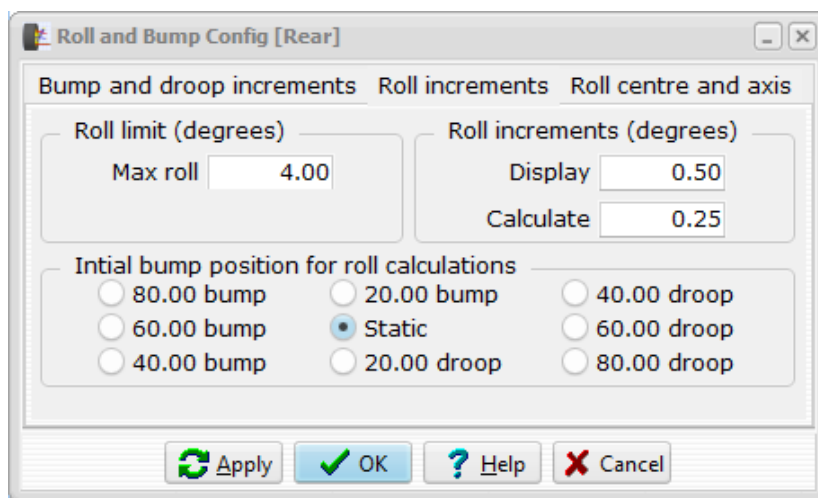
Корак XIV:

- Пребацити се на картицу „Roll Bump“
- Постоје три одељка у конфигурацији



Слика 6.15 „Bump and droop“ параметри

- У корацима „Bump and droop“ подесити максимално и минимално кретање на 100,00, а прирасте неравнина (испупчења и рупа) на 20,00. Кликнути на дугме Примени (Apply).



Слика 6.16 „Bump and droop“ параметри

- Подесити максимални угао на 4,00 степена, прираст на 0,50 (за приказ) и 0,25 (за прорачун) и почетни положај испупчења на „Static“.

Корак XV:

У овом кораку ће бити одрађени сви прорачуни геометрије котрљања и вертикалног померања.

Резултати: Резултати мерења су урађени са истим параметрима за 3 возила.

- Jaguar IRS
- Porsche 928
- Ford Mustang 2015

6.1 Разлика између „swing axle“ и „Jaguar IRS“ ослањања

„Swing axle“

Волксваген је био један од првих произвођача возила који је понудио ову врсту ослањања. Био је стандардан за Бубе (енг. *Volkswagen Beetle*) и већину других модела до 1968. Торзионе шипке састоје се од дебелих челичних цеви и познате су по својој чврстоћи. Нажалост, будући да се осовине окрећу само на унутрашњој страни преносника, а немају спољашњи зглоб, точкови на крају осовине врло су склони позитивном и негативном углу нагињања (слика 6.17). Ако је задњи део аутомобила спуштен, пнеуматици ће имати негативни угао, а ако се подигне, пнеуматици ће имати позитиван угао. И једно и друго може довести до превременог хабања пнеуматика.

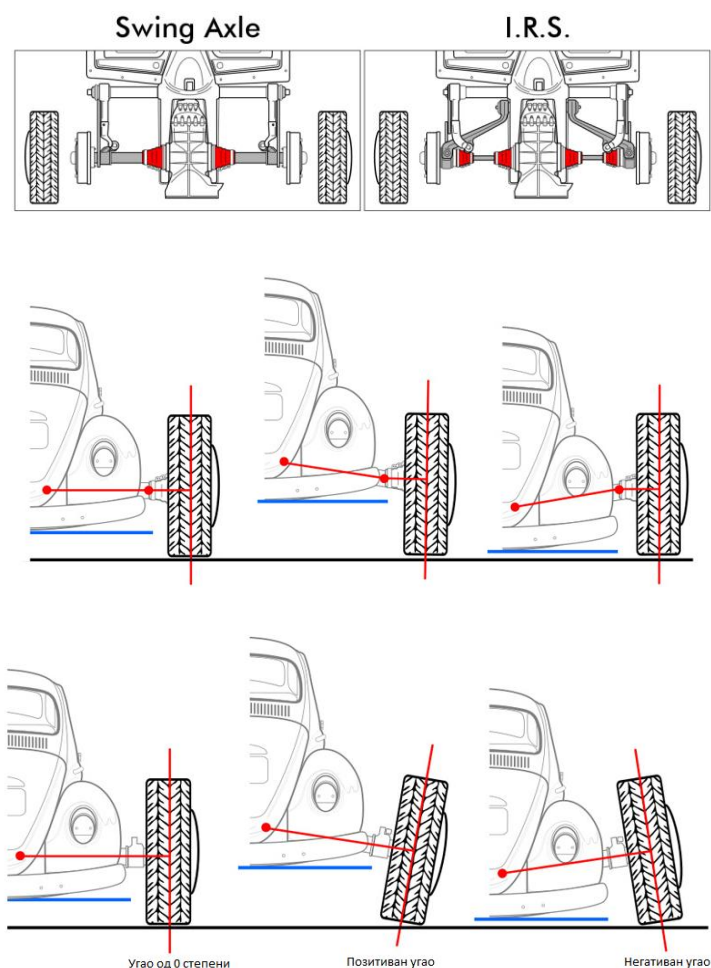
Међутим, многи људи воле начин на који негативни угао изгледа на спуштеним аутомобилима. Ово, заједно са једноставнијим одржавањем и економичним верзијама, чини ово ослањање популарним избором међу љубитељима VW-а [20].

Предности су: изузетно издржљив и повољан за буџет.

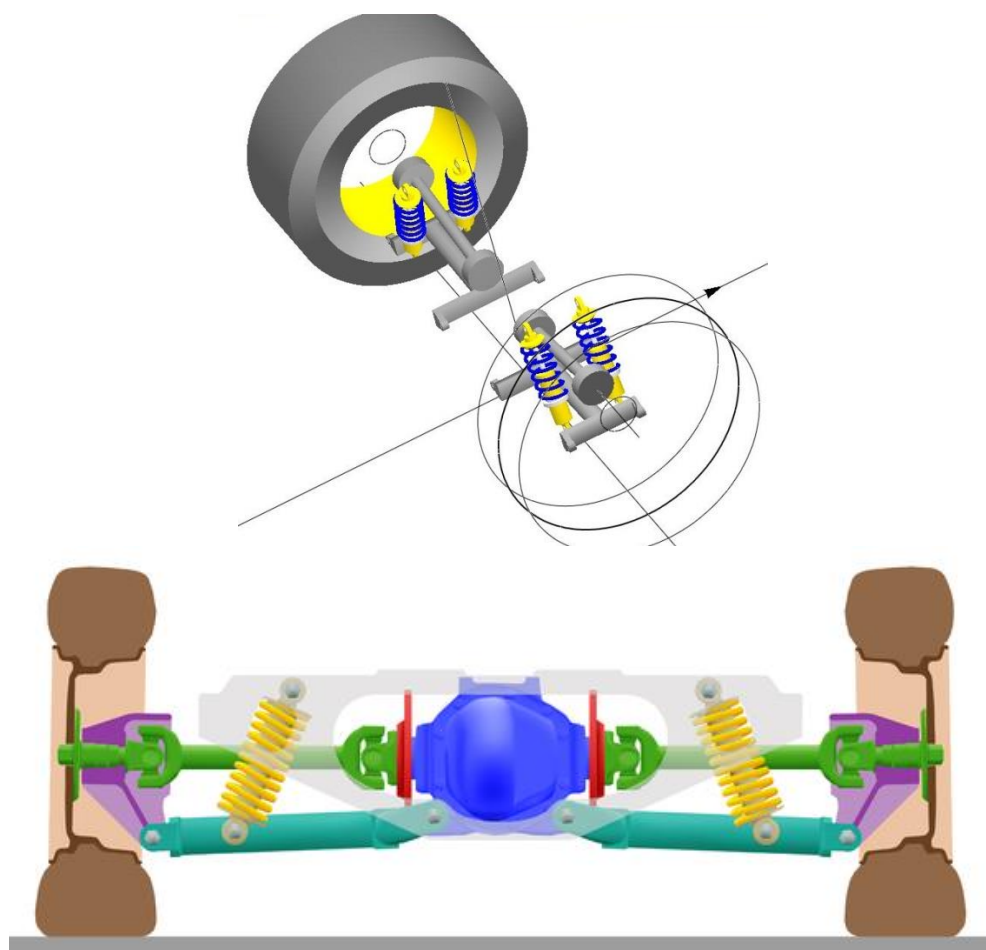
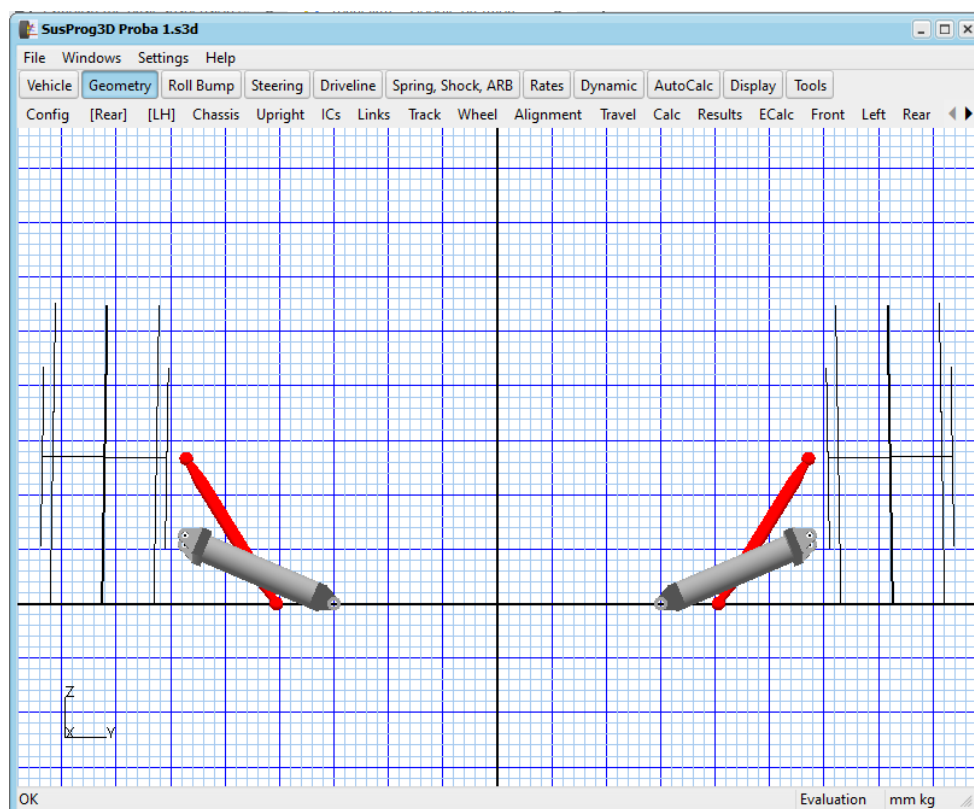
Мане: склон позитивном и негативном углу точка, може брзо да похаба пнеуматике ако нису постављене на тачан угао.

„IRS“

И.Р.С. (Независно задње ослањање) И.Р.С. преносници користе чврсте осовине за повезивање точкова са мењачем. И.Р.С. системи имају задње вучне полуге који иду дијагонално од шасије и спајају се у близини точка. Ознака ИРС се заправо односи на ове вучне полуге, осовине и огибљење који су независни за разлику од ранијег ослањања Swing Axle. ИРС имају већу повезаност зглобовима, што омогућава пнеуматикама да остану у повољнијем положају током кретања. Ово чини И.Р.С. решење ослањања и преноса популарним избором за теренске и свакодневне вожње [20].



Слика 6.17 „Swing axle“ (има позитиван и негативан угао) и „Jaguar IRS“ ослањање



Слика 6.18 Модел ослањања „Jaguar IRS“ [18]

Roll and bump [Rear]

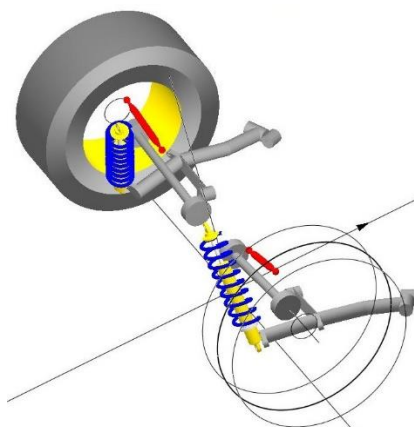
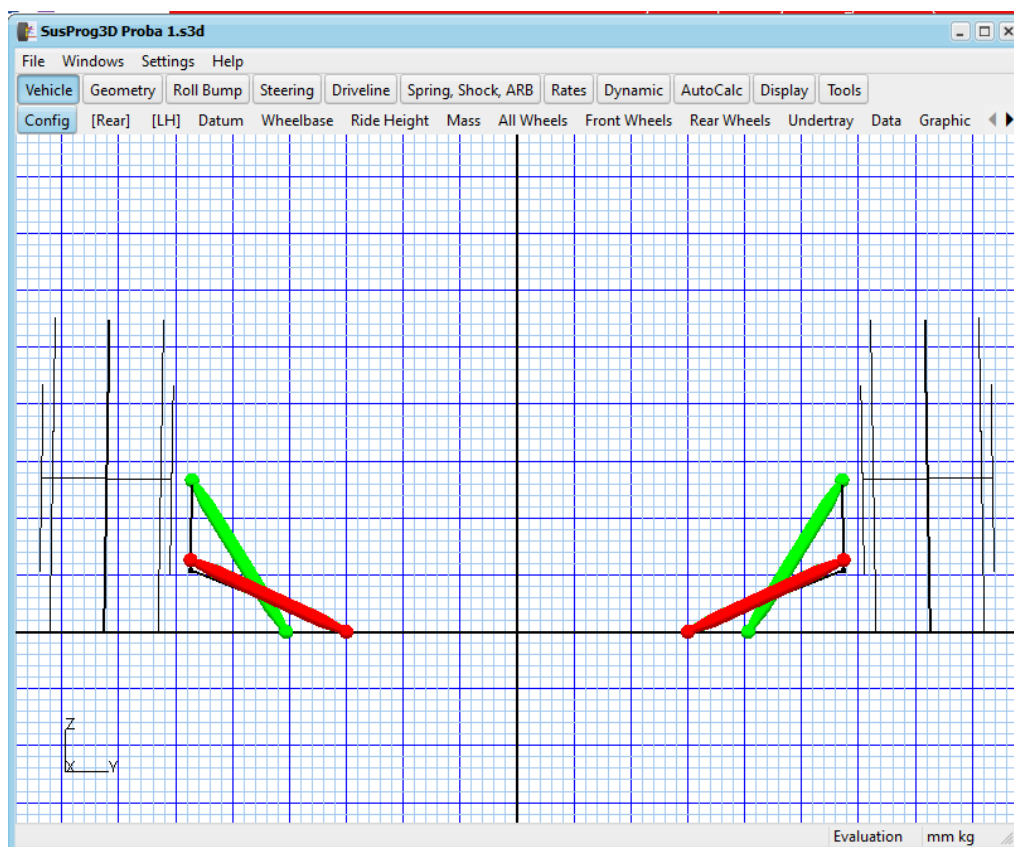
SusProg3D Proba 1.s3d Rear Roll and bump

chassis roll values calculated every 0.25degrees

SemiDynamic roll center, horizontal roll axis. Roll starts at Static.

LH wheel	camber angle	caster angle	kpi angle	wheel scrub	axle tramp	toe mm	roll center offset	center height	fvsax
4.00 roll LH	-7.10	5.07	7.10	-1.55	-1.43	-4.08	-237.30	141.54	291.90
3.50 roll LH	-6.36	5.06	6.36	-1.23	-1.24	-3.57	-208.44	145.38	290.66
3.00 roll LH	-5.61	5.05	5.61	-0.94	-1.05	-3.07	-179.21	148.72	289.40
2.50 roll LH	-4.86	5.03	4.86	-0.69	-0.86	-2.56	-149.75	151.57	288.14
2.00 roll LH	-4.10	5.02	4.10	-0.46	-0.68	-2.05	-120.07	153.91	286.86
1.50 roll LH	-3.33	5.02	3.33	-0.27	-0.50	-1.54	-90.20	155.74	285.59
1.00 roll LH	-2.56	5.01	2.56	-0.13	-0.33	-1.02	-60.22	157.05	284.29
0.50 roll LH	-1.78	5.00	1.78	-0.04	-0.16	-0.51	-30.14	157.84	282.99
0.00 roll LH	-1.00	5.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	158.10	281.70
0.50 roll RH	-0.21	5.00	0.21	-0.02	0.16	0.52	30.14	157.84	280.38
1.00 roll RH	0.58	5.00	-0.58	-0.10	0.31	1.04	60.22	157.05	279.08
1.50 roll RH	1.39	5.00	-1.39	-0.24	0.45	1.56	90.20	155.74	277.79
2.00 roll RH	2.19	5.01	-2.19	-0.45	0.59	2.08	120.07	153.91	276.49
2.50 roll RH	3.00	5.01	-3.00	-0.74	0.73	2.60	149.75	151.57	275.20
3.00 roll RH	3.82	5.02	-3.82	-1.11	0.86	3.13	179.21	148.72	273.92
3.50 roll RH	4.65	5.03	-4.65	-1.56	0.98	3.65	208.44	145.38	272.64
4.00 roll RH	5.47	5.05	-5.47	-2.09	1.09	4.18	237.30	141.54	271.41
RH wheel	camber angle	caster angle	kpi angle	wheel scrub	axle tramp	toe mm	roll center offset	center height	fvsax
4.00 roll LH	5.47	5.05	-5.47	-2.09	1.09	4.18	-237.30	141.54	271.41
3.50 roll LH	4.65	5.03	-4.65	-1.56	0.98	3.65	-208.44	145.38	272.64
3.00 roll LH	3.82	5.02	-3.82	-1.11	0.86	3.13	-179.21	148.72	273.92
2.50 roll LH	3.00	5.01	-3.00	-0.74	0.73	2.60	-149.75	151.57	275.20
2.00 roll LH	2.19	5.01	-2.19	-0.45	0.59	2.08	-120.07	153.91	276.49
1.50 roll LH	1.39	5.00	-1.39	-0.24	0.45	1.56	-90.20	155.74	277.79
1.00 roll LH	0.58	5.00	-0.58	-0.10	0.31	1.04	-60.22	157.05	279.08
0.50 roll LH	-0.21	5.00	0.21	-0.02	0.16	0.52	-30.14	157.84	280.38
0.00 roll LH	-1.00	5.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	158.10	281.70
0.50 roll RH	-1.78	5.00	1.78	-0.04	-0.16	-0.51	30.14	157.84	282.99
1.00 roll RH	-2.56	5.01	2.56	-0.13	-0.33	-1.02	60.22	157.05	284.29
1.50 roll RH	-3.33	5.02	3.33	-0.27	-0.50	-1.54	90.20	155.74	285.59
2.00 roll RH	-4.10	5.02	4.10	-0.46	-0.68	-2.05	120.07	153.91	286.86
2.50 roll RH	-4.86	5.03	4.86	-0.69	-0.86	-2.56	149.75	151.57	288.14
3.00 roll RH	-5.61	5.05	5.61	-0.94	-1.05	-3.07	179.21	148.72	289.40
3.50 roll RH	-6.36	5.06	6.36	-1.23	-1.24	-3.57	208.44	145.38	290.66
4.00 roll RH	-7.10	5.07	7.10	-1.55	-1.43	-4.08	237.30	141.54	291.90

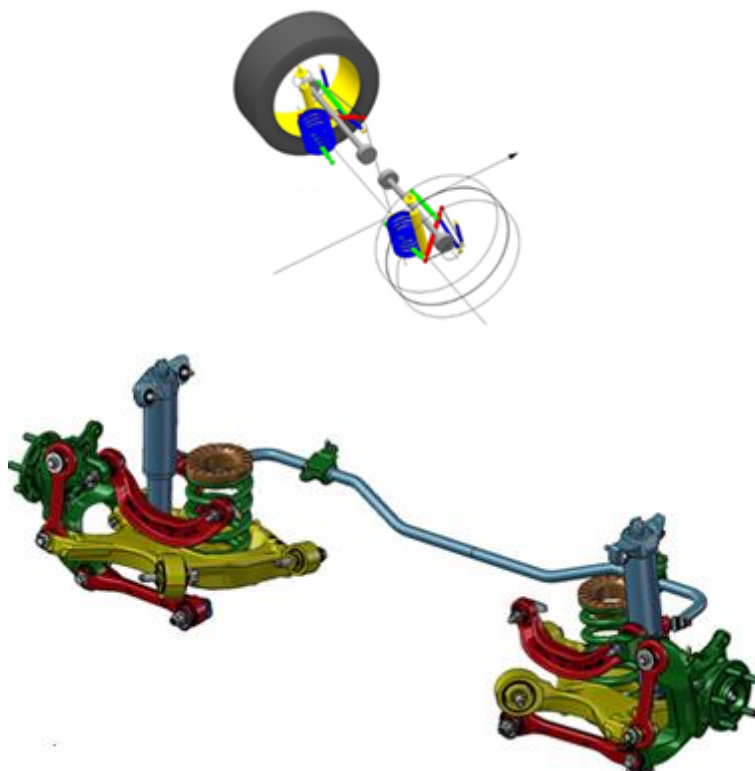
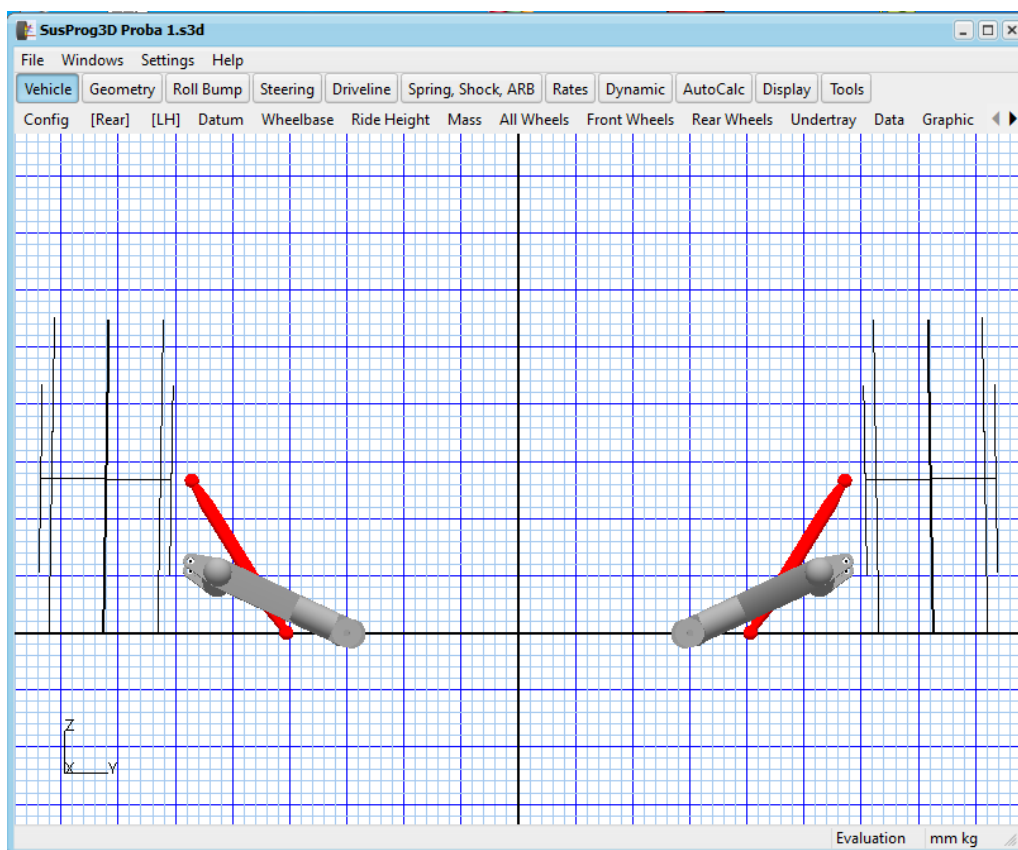
Слика 6.19 Резултати мерења „Jaguar IRS“



Слика 6.20 Модел ослањања „Porsche 928“[19]

Roll and bump [Rear]									
SusProg3D Proba 1.s3d Rear Roll and bump									
Chassis roll values calculated every 0.25degrees									
SemiDynamic roll center, horizontal roll axis. Roll starts at Static.									
LH wheel	camber angle	caster angle	kpi angle	wheel scrub	axle tramp	toe mm	roll offset	center height	fvsax
4.00 roll LH	-6.51	3.84	19.69	-1.19	3.91	5.47	-254.59	127.50	312.05
3.50 roll LH	-5.84	3.99	19.00	-0.92	3.37	4.71	-223.60	131.45	310.71
3.00 roll LH	-5.17	4.14	18.31	-0.68	2.84	3.97	-192.30	134.90	309.36
2.50 roll LH	-4.49	4.29	17.61	-0.46	2.33	3.25	-160.69	137.83	307.99
2.00 roll LH	-3.80	4.44	16.90	-0.28	1.83	2.56	-128.86	140.24	306.61
1.50 roll LH	-3.11	4.58	16.19	-0.14	1.35	1.88	-96.80	142.12	305.20
1.00 roll LH	-2.41	4.72	15.47	-0.04	0.89	1.23	-64.64	143.46	303.78
0.50 roll LH	-1.71	4.86	14.75	0.00	0.44	0.60	-32.33	144.27	302.35
0.00 roll	-1.00	5.00	14.02	0.00	0.00	-0.01	0.00	144.55	300.91
0.50 roll RH	-0.28	5.14	13.29	-0.06	-0.42	-0.59	32.33	144.27	299.44
1.00 roll RH	0.44	5.27	12.55	-0.19	-0.83	-1.16	64.64	143.46	297.97
1.50 roll RH	1.17	5.41	11.80	-0.38	-1.22	-1.69	96.80	142.12	296.49
2.00 roll RH	1.90	5.54	11.05	-0.64	-1.60	-2.21	128.86	140.24	295.00
2.50 roll RH	2.64	5.68	10.29	-0.97	-1.97	-2.70	160.69	137.83	293.50
3.00 roll RH	3.39	5.81	9.53	-1.39	-2.32	-3.17	192.30	134.90	291.99
3.50 roll RH	4.14	5.94	8.76	-1.89	-2.66	-3.62	223.60	131.45	290.48
4.00 roll RH	4.90	6.07	7.98	-2.48	-2.99	-4.04	254.59	127.50	288.98
RH wheel	camber angle	caster angle	kpi angle	wheel scrub	axle tramp	toe mm	roll offset	center height	fvsax
4.00 roll LH	4.90	6.07	7.98	-2.48	-2.99	-4.04	-254.59	127.50	288.98
3.50 roll LH	4.14	5.94	8.76	-1.89	-2.66	-3.62	-223.60	131.45	290.48
3.00 roll LH	3.39	5.81	9.53	-1.39	-2.32	-3.17	-192.30	134.90	291.99
2.50 roll LH	2.64	5.68	10.29	-0.97	-1.97	-2.70	-160.69	137.83	293.50
2.00 roll LH	1.90	5.54	11.05	-0.64	-1.60	-2.21	-128.86	140.24	295.00
1.50 roll LH	1.17	5.41	11.80	-0.38	-1.22	-1.69	-96.80	142.12	296.49
1.00 roll LH	0.44	5.27	12.55	-0.19	-0.83	-1.16	-64.64	143.46	297.97
0.50 roll LH	-0.28	5.14	13.29	-0.06	-0.42	-0.59	-32.33	144.27	299.44
0.00 roll	-1.00	5.00	14.02	0.00	0.00	-0.01	0.00	144.55	300.91
0.50 roll RH	-1.71	4.86	14.75	0.00	0.44	0.60	32.33	144.27	302.35
1.00 roll RH	-2.41	4.72	15.47	-0.04	0.89	1.23	64.64	143.46	303.78
1.50 roll RH	-3.11	4.58	16.19	-0.14	1.35	1.88	96.80	142.12	305.20
2.00 roll RH	-3.80	4.44	16.90	-0.28	1.83	2.56	128.86	140.24	306.61
2.50 roll RH	-4.49	4.29	17.61	-0.46	2.33	3.25	160.69	137.83	307.99
3.00 roll RH	-5.17	4.14	18.31	-0.68	2.84	3.97	192.30	134.90	309.36
3.50 roll RH	-5.84	3.99	19.00	-0.92	3.37	4.71	223.60	131.45	310.71
4.00 roll RH	-6.51	3.84	19.69	-1.19	3.91	5.47	254.59	127.50	312.05

Слика 6.21 Резултати мерења „Porsche 928“



Слика 6.22 Модел независног ослањања „Ford Mustang 2015“ [20]

Roll and bump [Rear]

SusProg3D Proba 1.s3d Rear Roll and bump

Chassis roll values calculated every 0.25degrees

SemiDynamic roll center, horizontal roll axis. Roll starts at Static.

LH wheel	camber angle	caster angle	kpi angle	wheel scrub	axle tramp	toe mm	roll center offset height	fvsax
4.00 roll LH	-6.59	3.80	6.59	-1.42	2.05	-3.34	-274.36	308.46
3.50 roll LH	-5.91	3.94	5.91	-1.13	1.80	-2.98	-241.11	307.10
3.00 roll LH	-5.22	4.09	5.22	-0.86	1.54	-2.61	-207.44	305.73
2.50 roll LH	-4.53	4.24	4.53	-0.62	1.28	-2.21	-173.41	304.34
2.00 roll LH	-3.84	4.38	3.84	-0.41	1.03	-1.80	-139.08	302.93
1.50 roll LH	-3.14	4.53	3.14	-0.24	0.77	-1.38	-104.52	301.51
1.00 roll LH	-2.43	4.69	2.43	-0.11	0.51	-0.93	-69.78	300.08
0.50 roll LH	-1.72	4.84	1.72	-0.03	0.26	-0.47	-34.94	298.63
0.00 roll	-1.00	5.00	1.00	0.00	0.00	0.01	0.00	297.18
0.50 roll RH	-0.27	5.16	0.27	-0.03	-0.26	0.51	34.94	295.70
1.00 roll RH	0.46	5.32	-0.46	-0.13	-0.52	1.03	69.78	294.22
1.50 roll RH	1.19	5.49	-1.19	-0.29	-0.78	1.57	104.52	292.73
2.00 roll RH	1.94	5.66	-1.94	-0.53	-1.04	2.12	139.08	291.24
2.50 roll RH	2.69	5.83	-2.69	-0.85	-1.30	2.70	173.41	289.73
3.00 roll RH	3.44	6.00	-3.44	-1.25	-1.57	3.30	207.44	288.21
3.50 roll RH	4.20	6.18	-4.20	-1.74	-1.84	3.92	241.11	286.70
4.00 roll RH	4.96	6.36	-4.96	-2.33	-2.11	4.55	274.36	285.17
RH wheel	camber angle	caster angle	kpi angle	wheel scrub	axle tramp	toe mm	roll center offset height	fvsax
4.00 roll LH	4.96	6.36	-4.96	-2.33	-2.11	4.55	-274.36	285.17
3.50 roll LH	4.20	6.18	-4.20	-1.74	-1.84	3.92	-241.11	286.70
3.00 roll LH	3.44	6.00	-3.44	-1.25	-1.57	3.30	-207.44	288.21
2.50 roll LH	2.69	5.83	-2.69	-0.85	-1.30	2.70	-173.41	289.73
2.00 roll LH	1.94	5.66	-1.94	-0.53	-1.04	2.12	-139.08	291.24
1.50 roll LH	1.19	5.49	-1.19	-0.29	-0.78	1.57	-104.52	292.73
1.00 roll LH	0.46	5.32	-0.46	-0.13	-0.52	1.03	-69.78	294.22
0.50 roll LH	-0.27	5.16	0.27	-0.03	-0.26	0.51	-34.94	295.70
0.00 roll	-1.00	5.00	1.00	0.00	0.00	0.01	0.00	297.18
0.50 roll RH	-1.72	4.84	1.72	-0.03	0.26	-0.47	34.94	298.63
1.00 roll RH	-2.43	4.69	2.43	-0.11	0.51	-0.93	69.78	300.08
1.50 roll RH	-3.14	4.53	3.14	-0.24	0.77	-1.38	104.52	301.51
2.00 roll RH	-3.84	4.38	3.84	-0.41	1.03	-1.80	139.08	302.93
2.50 roll RH	-4.53	4.24	4.53	-0.62	1.28	-2.21	173.41	304.34
3.00 roll RH	-5.22	4.09	5.22	-0.86	1.54	-2.61	207.44	305.73
3.50 roll RH	-5.91	3.94	5.91	-1.13	1.80	-2.98	241.11	307.10
4.00 roll RH	-6.59	3.80	6.59	-1.42	2.05	-3.34	274.36	308.46

Слика 6.23 Резултати мерења „Ford Mustang 2015“

Резултати мерења – значење

- LH wheel – Висина левог точка
- RH wheel – Висина десног точка



Слика 6.24 Висина точка

- *Caster angle* – Угао затура осовинице точка

Позитивним затуром се назива када тачка замишљеног продора осовинице кроз подлогу пада испред вертикалне осе точка.

За негативни затур је усвојено да тачка замишљеног продора осовинице кроз подлогу пада иза вертикалне осе точка.



Слика 6.25 Позитиван и негативан затур осовинице точка

- *Camber angle* – Угао закошења точка (бочни нагиб точка)

Позитивним закошењем се назива када је точак под нагибом према споља (као на слици), и најчешће управљајући точкови возила имају позитивно закошење, које износи најчешће $+0^{\circ}20'$ до $+1^{\circ}30'$. Одступање од препоручених вредности $\pm 30'$ сматра се границом толеранције. Позитивно закошење даје у пракси добро вођење точкова и мали полупречник заокретања; уколико је веће закошење то су мање бочне силе код вожњи у кривини.

Негативно закошење је најчешће присутно код задњих точкова, као и код управљајућих точкова возила за велике брзине. Границе закошења су $-0^{\circ}30'$ до -2° . Предност негативног закошења је у томе што побољшава пролаз возила у кривинама.

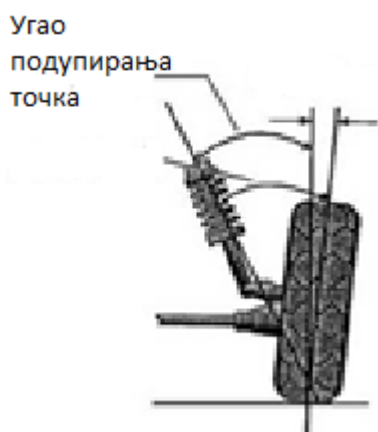


Слика 6.26 Позитиван и негативан угао закошења точка

- *KPI (Kingpin Inclination) angle* – Угао подупирања точка (попречни нагиб осовинице)

Да би управљајући точкови имали функцију стабилизације, точкови и осовиница рукавца се постављају, под посебно дефинисаним угловима око осовине око које се закрећу. Наиме, стабилизација точкова се обезбеђује постављањем осовинице рукаваца под извесним угловима у односу на вертикалну осу.

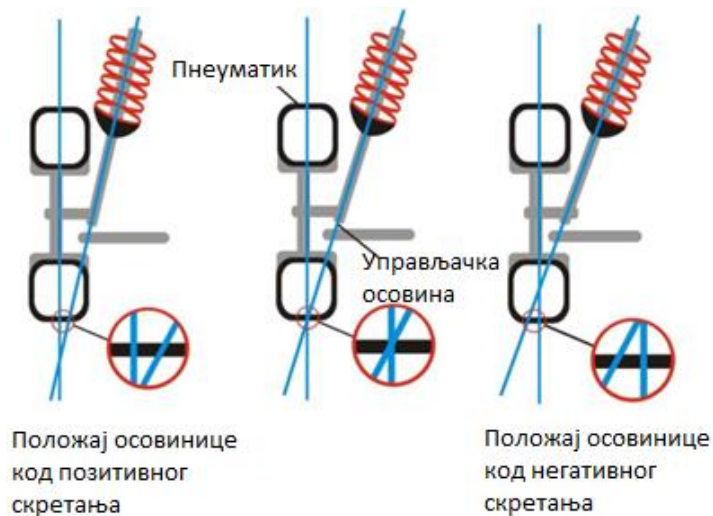
Попречни нагиб осовинице “ β ”, у стручној литератури још се назива угао **подупирања точка**.



Слика 6.27 Угао подупирања точка

- *Wheel scrub radius* – Полупречник скретања точка

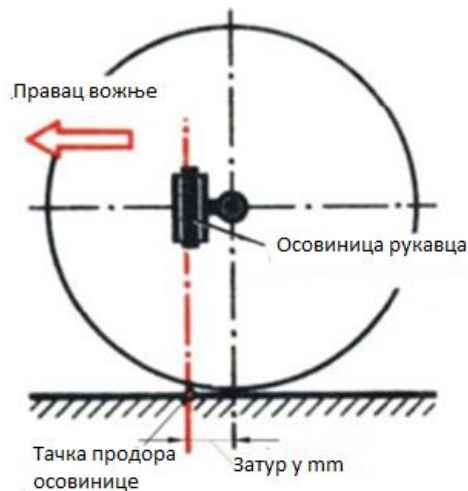
Зависно до тога да ли осовиница има продор унутар точкова или у спољну средину, разликује се "позитиван" и "негативан" полупречник скретања. Негативан полупречник (продор осовинице у спољашњу средину) има више предности (пружа компактнију целину система, предности приликом кочења са неједнаким силама кочења точкова), али га је теже остварити с обзиром да захтева велики нагиб осовинице и већу дубину наплатка точка.



Слика 6.28 Положај осовинице код позитивног и негативног скретања

- *Roll offset* – Затур услед измештености осовинице из центра

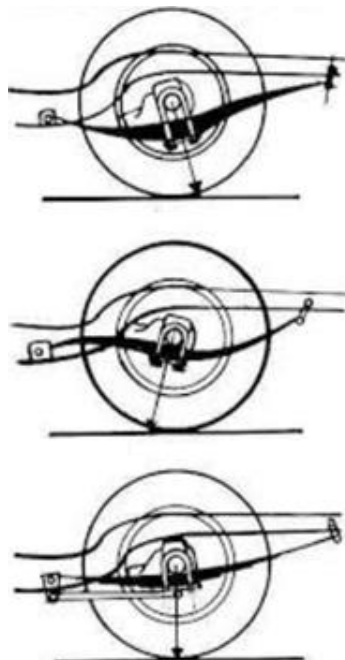
Затур осовинице може да буде дат и у милиметрима, при чему се тада узима одстојање замишљеног продора осовинице кроз тло од вертикалне осе точка. Како се из наведеног закључује, конструкција пнеуматика је такође од битног значаја на фактор стабилизације точкова и стога није дозвољена замена пнеуматика другом конструкцијом (радијалне дијагоналном или обрнуто), од оне коју је прописао произвођач.



Слика 6.29 Затур услед измештености осовинице из центра у mm[21]

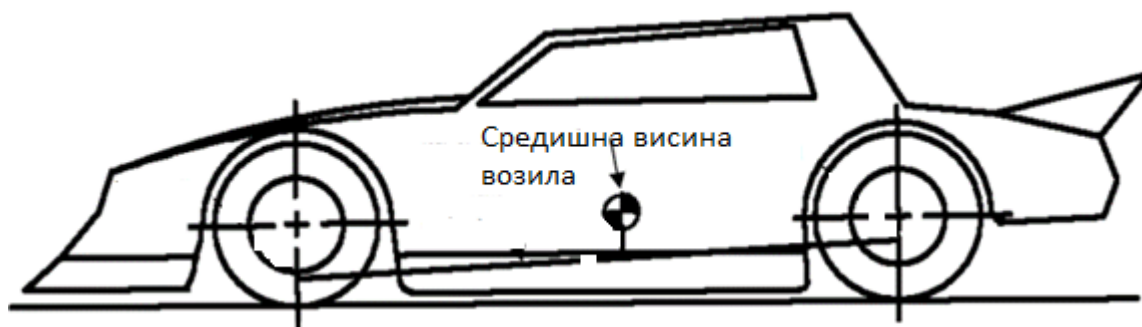
- *Axle tramp* – Одскок точка

Приликом заокретања точка из неутралног положаја око осовинице која је под попречним нагибом, подиже се точак возила који се налази на унутрашњој страни кривине, док се точак на спољној страни кривине мало спушта (као да точак „пониरे“ у подлогу), што је узроковано померањем тачке контакта точка са путем у равни, управно на осу осовинице рукавца. Овакаво неравномерно подизање возила је изазвано крутошћу подлоге, која да је мека, омогућила би да точак на спољној страни кривине „удуби“ подлогу. На тај начин и тежиште возила се издиже, стварајући нестабилан положај, услед чега има сталну тенденцију враћања у „нижи“ – стабилан положај.



Слика 6.30 Одскок точка[21]

- *Center height* – Висина тежишта возила



Слика 6.31 Средишња висина возила

- *Тое* – Угао стабилизације

Постојање углова бочног нагиба точкова, изазива да точкови имају тежњу кретања по луковима, који се разилазе од возила. Да би се одстранио овај недостатак, практикује се „увлачење” предњих крајева управљајућих точкова, такозвана „усмереност точкова”, тако да они нису постављени паралелно са подужном осом возила, већ под такозваним углом конвергенције “ δ ” према њој. Другим речима, међусобно одстојање точкова испред рукавца (гледано у правцу војње) је мање за 1 до 10 mm од одстојања иза рукавца. Величина увлачења точкова зависи од врсте и конструкције возила.

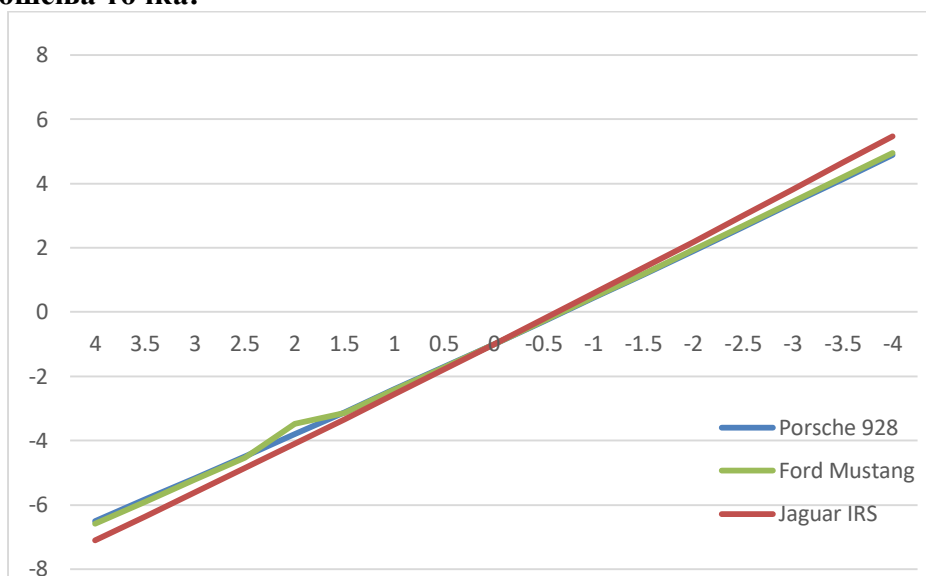


Слика 6.32 Позитивни и негативни угао стабилизације точка

Поређење резултата:

На свим дијаграмима на x-оси је угао ваљања каросерије возила у степенима.

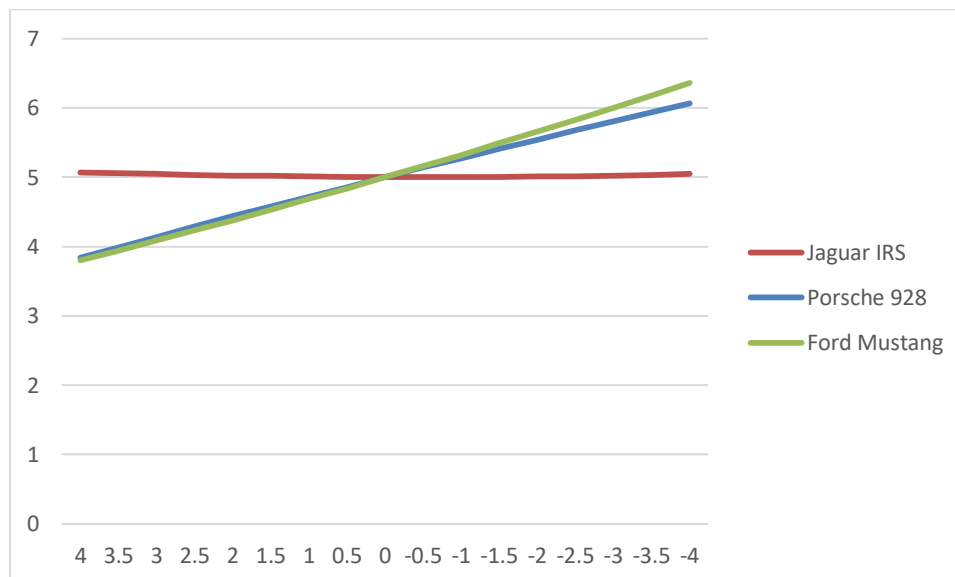
Угао закошења точка:



Слика 6.33 Дијаграм поређења за угао закошења

Са дијаграма се може видети да највећи угао закошења точка има Jaguar IRS, тј. да су његова померања од негативног ка позитивном закошењу највећа.

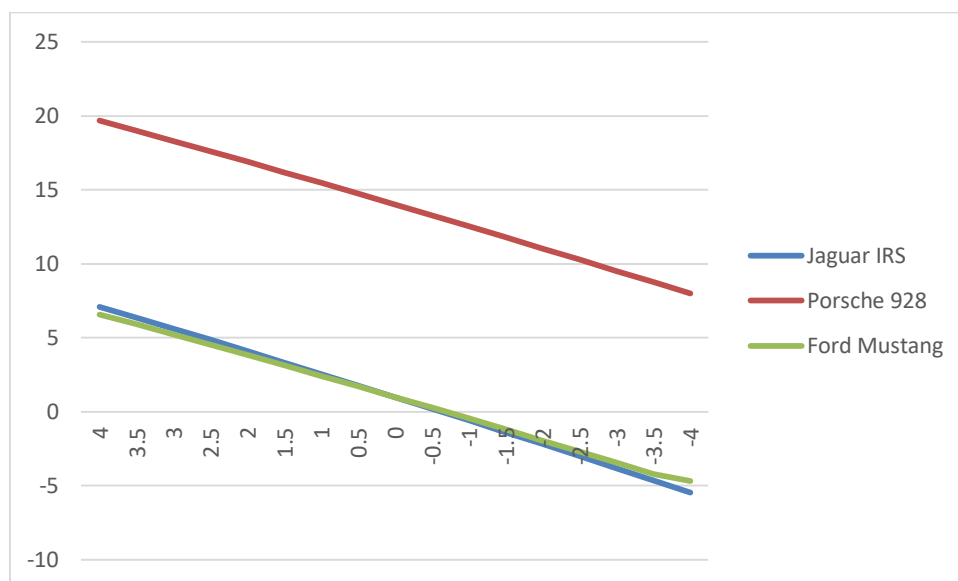
Угао затура осовинице точка:



Слика 6.34 Дијаграм поређења затур осовинице точка

Са дијаграма се може видети да највећи угао закошења точка имају Porsche 928 и Ford Mustang, тј. да су њихови затури највећи, док је затур код Jaguara скоро па идеално константан.

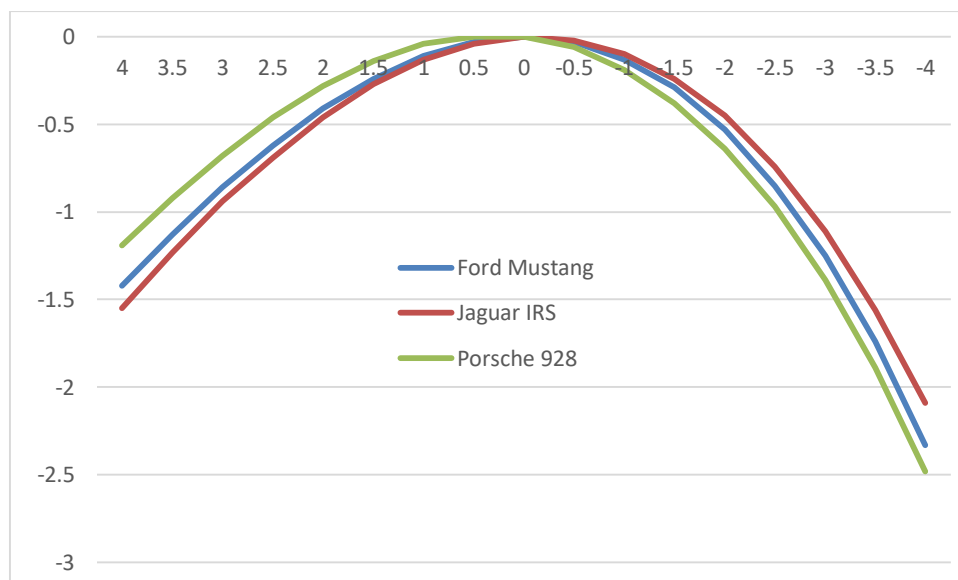
Угао подупирања точка (попречни нагиб осовинице):



Слика 6.35 Дијаграм поређења угла подупирања точка

Код Porsche-а 928 угао подупирања точка је строго позитиван, док се код друга два, готово сразмерно креће у позитивном и негативном углу. Трендови су слични тј. линеарни и констатно опадајући.

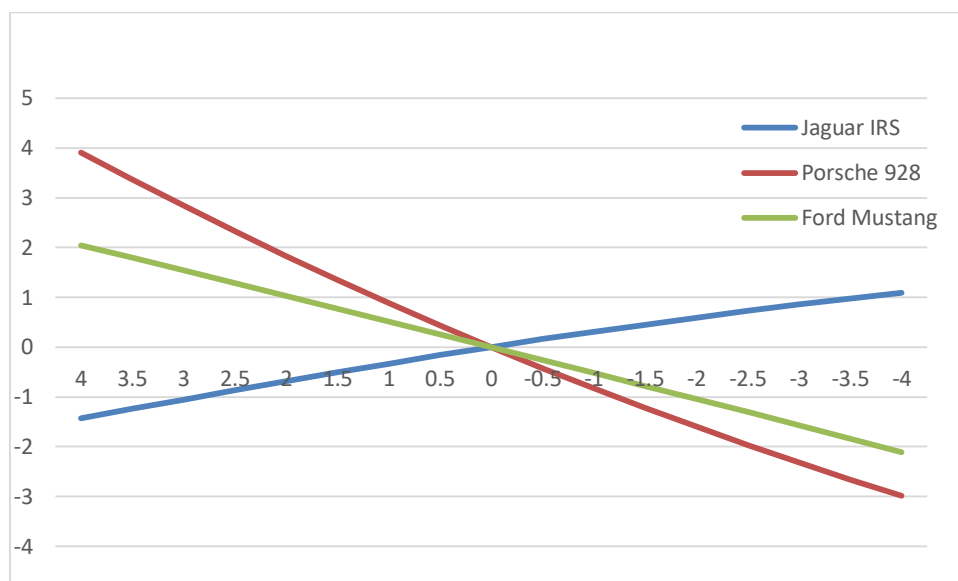
Полупречник скретања точка:



Слика 6.36 Дијаграм поређења полупречника скретања точка

Положај осовинице код позитивног и негативног скретања се сразмерно мења за сва 3 возила, резултати су приближни. Израженији је пад код модела Porsche.

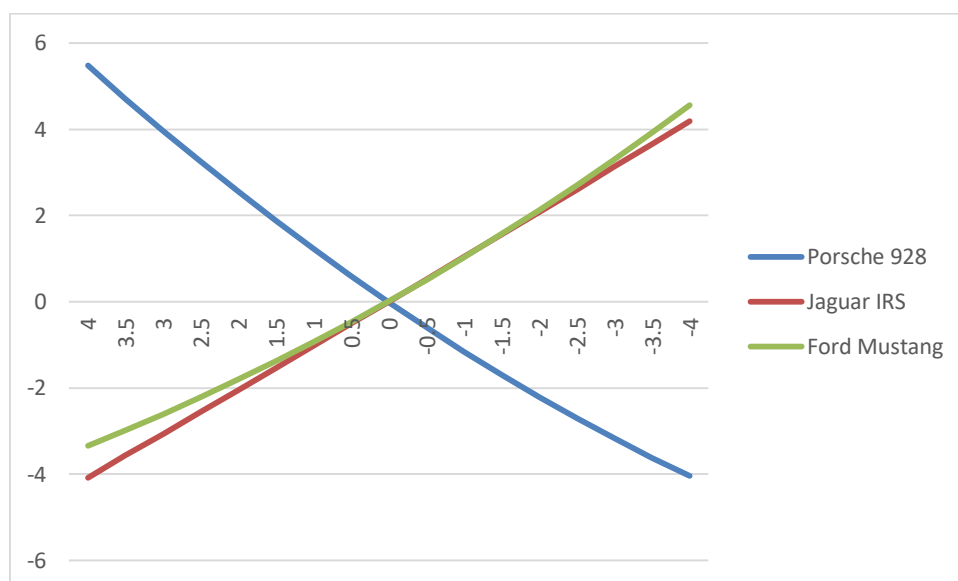
Одскок точка:



Слика 6.37 Дијаграм поређења одскока точка

Код ових резултата се може видети да је одскок точка код IRS ослањања има линеаран али потпуно супротан тренд раста него код друга два возила где вредности опадају.

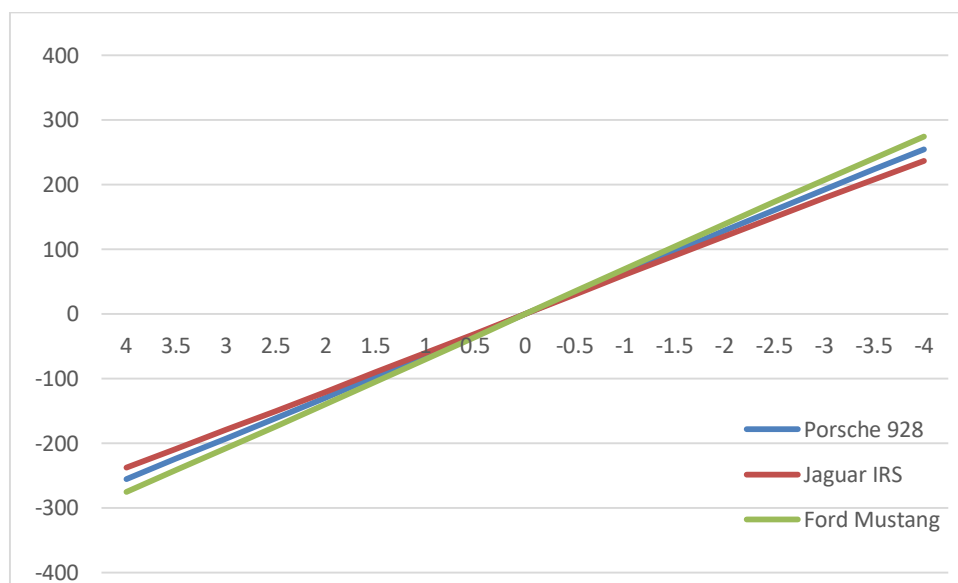
Угао стабилизације точка:



Слика 6.38 Дијаграм поређења углова стабилизације точка

Код углова стабилизације точка може се видети да се код Porsche-а 928 угао креће од позитивног ка негативном смеру у односу на друга два возила, што доводи до тога да су код Ford Mustanga и Jaguara на почетку постављена негативно.

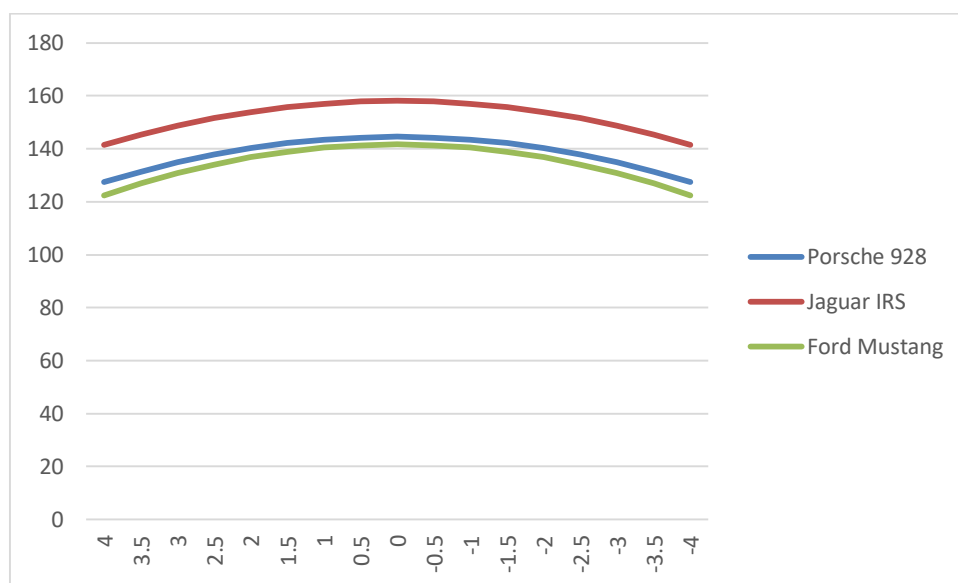
Затур услед измештености осовинице из центра:



Слика 6.39 Дијаграм поређења затура услед измештености осовинице из центра

Код затура услед измештености осовинице из центра нема утицајних разлика у вредности код ова три резултата (возила).

Висина тежишта возила:



Слика 6.40 Дијаграм поређења висине тежишта возила

Код висине тежишта возила може се приметити да се висина возила мења идентично за сва три возила.

Закључак

Систем ослањања је, као и остали системи на возилу, неопходан за исправно функционисање возила и остваривање максималних перформанси.

С обзиром да су неослоњени системи возила (осовине и точкови) у директној вези са системом ослањања, а у савременим конструкцијама путничких возила најчешће губе смисао појединачних склопова, није сврсисходно, а понекад је чак и немогуће, њих посматрати и анализирати одвојено.

Утицај брзине, као и конструктивних параметара (маса возила, крутост, елементи система) анализиран је у бројној литератури.

Чињеница је да свако кретање возила по путу изазива осцилације целог возила, као и маса које су у или на њему, а које се побуђују неравнинама подлоге. Постоји више модела према којима се врши анализа система и чињеница је да су они свеобухватни и доста компликовани за израчунавање, наравно гледано са аспекта који се ниво квалитета жели постићи анализом.

Точкови моторног возила, као извршни органи у систему управљања, остварују директан контакт с подлогом и имају основни захтев да остварују правилно вођење возила у правцу и кривини, све у границама сила пријањања. У том смислу, точкови имају и своју геометрију положаја како би поништили или ублажили сви спољашњи и унутрашњи утицаји и омогућили точку несметану ротацију у правцу усмерене вожње.

У софтверском пакету SUSProg3D извршена је симулација геометрије ослањања задњих точкова, где су креирани модели система ослањања са потребним вођицама, опругом и амортизером. Модели ослањања који су анализирани у тачки 6 имају заједничку особину да се ради о возилима са погоном на задњим точковима, а параметри и начин прорачуна су одрађени на идентичан начин. Резултати мерења су дати на сликама у тачки 6, као и приказани модели ослањања. Жеља је била приказати разлике у вредностима за идентичне параметре са погоном на задње точкове за 3 различита модела ослањања. Све наведене вредности су одређене у функцији бочног померања каросерије, где је корак за прорачун био на сваких 0,25 степени, а за графички приказ 0,5 степена.

Са дијаграма се види да су за угао закошења точка, полупречник скретања точка, затур услед измештености осовинице из центра и висину тежишта возила, вредности за сва три типа ослањања врло сличних трендова и вредности, док за угао затура осовинице точка, угао подупирања точка, одскок точка и угао стабилизације, постоји по један модел ослањања који се издваја по добијеним вредностима, односно тренду промена.

Литература

- [1] Alma Hillier „*Hillier-Hillier's fundamentals of motor vehicle technology. Book 1*“ Nelson Thornes, 2011
- [2] David C Barton, John D Fieldhouse „*Automotive Chassis Engineering*“ University of Leeds, UK, 2018
- [3] Giancarlo Genta „*The Motor Car Past, Present and Future Springer*“, Netherlands, 2014
- [4] Jack Erjavec „*Automotive Technology A Systems Approach*“ Delmar Cengage Learning, 2009
- [5] Александар Стефановић, „*Друмска возила – основи конструкције*“, Центар за моторе и моторна возила Машинског факултета у Нишу и Центар за безбедност саобраћаја Машинског факултета у Крагујевцу, Ниш, 2010
- [6] Julian Napian-Smith, „*An Introduction to Modern Vehicle Design*“ Reed Educational and Professional Publishing Ltd, 2002
- [7] Don Knowles, „*Automotive suspension and steering systems, Fourth Edition*“, Cengage Delmar Learning, 2007
- [8] David A.Crola, „*Automotive Engineering Powertrain, Chassis System and Vehicle Body*“ 2009
- [9] Ivan Filipović, „*Cestovna vozila, Priručnik za vođitelje stanica tehničkih pregleda vozila*“ Mervik, Sarajevo, 2012
- [10] Audi TT Coupé - Suspension System Self-Study Programme 381, 2017
- [11] John C. Dixon, „*Suspension Geometry and Computation*“ The Open University, Great Britain, 2009
- [12] Sistem za oslanjanje motornog vozila,
http://vujicnikola.weebly.com/uploads/3/4/8/0/3480733/sistem_za_oslanjanje.pdf
Пристапљено 03.05.2020
- [13] Компоненте система ослањања возила - Задатак, функција и могуће штете,
Original SACHS Service, Germany
http://krisitom.com.mk/download/amortizeri_eksploatacija%20i%20greski.pdf
пристапљено 06.05.2020
- [14] Основи моторних возила, Скрипта са предавања, Факултет техничких наука, Нови Сад, <http://mehanizacija.ftn.uns.ac.rs/wp-content/uploads/2015/12/10-OMV-oslanjanje.pdf> пристапљено 05.06.2020
- [15] <https://www.trucks.com/2018/11/21/mercedes-benz-e-active-suspension/>
пристапљено 09.08.2020
- [16] <https://www.evoindia.com/news/decoding-the-mercedes-benz-e-active-body-control-suspension> пристапљено 09.08.2020
- [17] <https://www.susprog.com/tutorial/tutorial04/tutorial.htm>, SusProg3D упутство за кинематску анализу ослањања, пристапљено 10.08.2020
- [18] <https://www.trucks.com/2018/11/21/mercedes-benz-e-active-suspension/>
- [19] <https://www.jbugs.com/VW-Tech-Article-Swing-Axle-vs-IRS.html> пристапљено 09.08.2020
- [20] <https://www.thevintageposter.com/poster-detail/?inv=P0212> пристапљено 09.08.2020

- [21] <http://www.onlymustangfords.com/> приступљено 09.08.2020
- [22] http://ttl.masfak.ni.ac.rs/TKV/VIII_UPRAVLJANJE_VOZILOM_I_UPRAVLJACKI_MECHANIZAM.pdf приступљено 09.09.2020