

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Мотори и моторна возила

Предмет: Конструкција и прорачун МВ

Број индекса: 28/2010

Ненад С. Петровић

Прорачун лиснатих гибњева код теретних возила

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану

1. Др Јасна Глишовић, ментор

2. _____

3. _____

Датум

одбрана: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да објасни систем еластичног ослањања, саставне елементе, поделу, врсте и др. са посебним освртом на лиснате гибњеве као еластичне елементе. Такође, треба да обради и носивост лиснатих гибњева као и конструкционе облике истих. На крају, кроз практичне примере, кандидат треба да покаже начин прорачуна лиснатог гибња.

Препоручена литература:

- [1] Александар Стефановић, Друмска возила-основи конструкције, Машински факултет, Ниш, 2010.
- [2] Драган Ружић, Ненад Познановић, Ференц Часњи, Основи моторних возила, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2010.
- [3] Иван Филиповић, Мотори и моторна возила, Машински факултет, Тузла, 2006.

Резиме:

У оквиру рада извршено је прикупљање, систематизација и анализа података везаних за гибњеve и системе ослањања. Описан је њихов развој, карактеристике и поделе, односно суштина лиснатих гибњева итд. Такође је описан и поступак одређивања носивости ових гибњева. На примеру Турбо Зете приказан је пример прорачуна, који играју битну улогу у избору.

Кључне речи: Систем еластичног ослањања, опруге, лиснати гибњеви, прорачун.

Abstract:

The collection, systematization and data analysis related to the leaf spring and suspension systems are done in this paper. Their development, characteristics and divisions of leaf springs as well as their essence are described, too. The procedure of determining the carrying capacity of the leaf springs is explained. In the example of longitudinal places leaf springs of the medium truck N2 class, an example of the calculation, which plays an important role in the selection, is shown.

Key words: Suspension system, springs, leaf springs, calculation.

Садржај

1. Увод.....	4
2. Систем еластичног ослањања	5
2.1 Врсте и класификација система ослањања	6
2.2 Саставни елементи.....	11
2.2.1 Амортизери	11
2.2.2 Вођице.....	12
2.2.3 Опруге.....	15
3. Металне опруге	17
3.1 Лиснати гибњеви.....	17
3.2 Спиралне опруге.....	18
3.3 Торзионе опруге.....	20
4. Гибњеви као еластични елементи	22
4.1 Начин постављања лиснатих гибњева.....	23
5. Прорачун простог гибња	25
5.1 Лисната опруга са константним пресеком листа.....	25
5.2 Лисната опруга са променљивом ширином листа.....	26
5.3 Лисната опруга са трапезним профилем.....	27
6. Прорачунски задатак-пример	29
6.1 Прорачун СЕО код ТУРБО ЗЕТЕ на предњем непогонском мосту....	29
6.2 Прорачун СЕО код ТУРБО ЗЕТЕ на предњем погонском мосту.....	31
7. Закључак	34
Литература	35

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 осцилације које битно утичу на основне особине возила као што су вучне карактеристике, стабилност, удобност, управљивост... Систем ослањања служи да се смање осцилације које са подлоге делују на точкове и да оствари жељене карактеристике осциловања возила.

Лако је приметити да је већа улога система ослањање сразмерна брзини кретања возила, дакле што се возило креће већом брзином важнији је систем за ослањање.

Основни захтеви који се траже од овог система су: што мањи удари и осцилације, већа стабилност, обезбеђење основних карактеристика пригушења.

Овај систем је веома сложен и састоји се од више основних, тј. посебних система.

2. Систем еластичног ослањања:

Под системом ослањања, се подразумевају механизми и елементи који имају задатак да све реактивне силе и моменте, који се појављују између тачке и тла у разним условима кретања пренесу на рам или каросерију уз што је могуће веће ублажавање ударних оптерећења, као и обезбеђење потребне стабилности возила посебно при кретању у кривини [2].

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

1. Механизам за вођење тачка (елементи за вођење);
2. Еластични ослонци (еластични елементи),
3. Елементи за пригушење осциловања и
4. Стабилизатори.

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

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

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

4. На друмским превозним средствима, поред претходно дефинисаних механизма и елемената система ослањања, понекад се срећу и неки посебни елементи који имају за циљ обезбеђење што веће стабилности возила, при његовом кретању у кривини. Ови елементи се зову стабилизатори.

Код одређеног броја система ослањања један еластичан елемент може да испуни функцију и елемента за вођење и елемента за пригушење осциловања. Тако нпр. код великог броја теретних возила уздужни лиснати гибњеви, поред своје функције еластичног елемента, одређују кинематику тачкова, примају све видове оптерећења и пригушују осциловање услед трења између листова гибња. Код одређеног броја система ослањања сва три подсистема су изведена одвојено; еластични елементи - у виду опруга, елементи за вођење - у виду полуга, ослонаца и зглобова, а елементи за пригушење осциловања - у виду амортизера.

Основни захтеви које треба да задовољи систем ослањања су:

- а) оптималне величине сопствених фреквенција осциловања одређених у зависности од статичког угиба;
- б) довољан динамички ход који искључује ударе о граничнике;
- в) потребне кинематичке карактеристике точкова, а у циљу смањења хабања пнеуматика, стабилизације управљачких точкова и побољшање карактеристика понашања возила при кретању и
- г) оптималне величине пригушивања осциловања надградње и точкова [2].

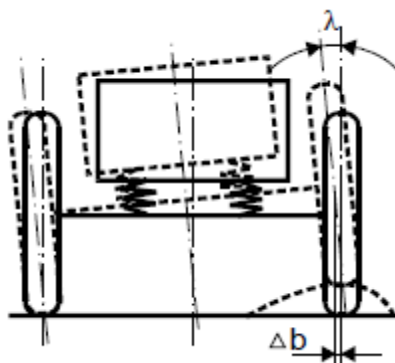
2.1 Врсте и класификација система ослањања

У циљу стицања 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:

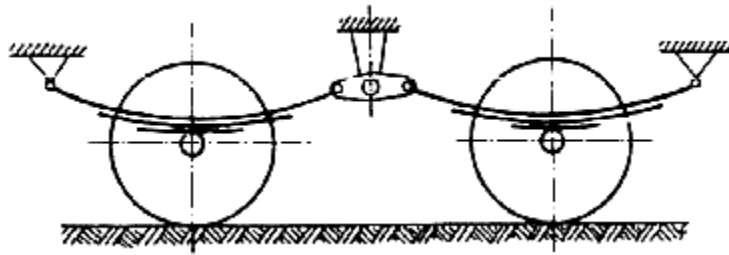
- Зависне
- Независне.

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. Ови системи су најједноставнији, али не пружају могућност 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 врло често код путничких возила а код осталих врста возила практично увек [2].



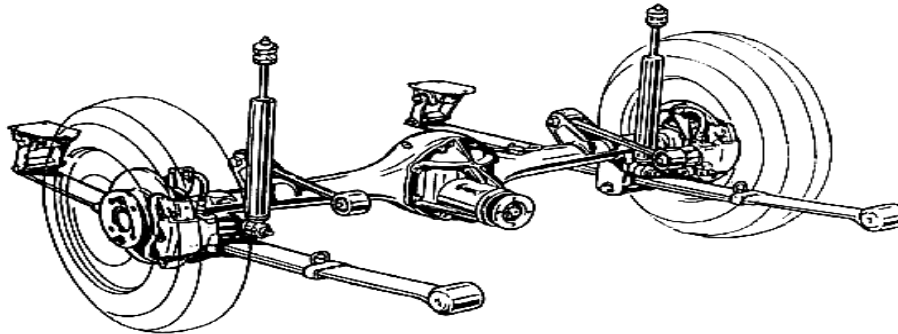
Слика 2.1- Систем зависног еластичног ослањања [2]

Зависно еластично ослањање са балансирајућим суседним точковима удвојених осовина приказан је на слици 2.2.

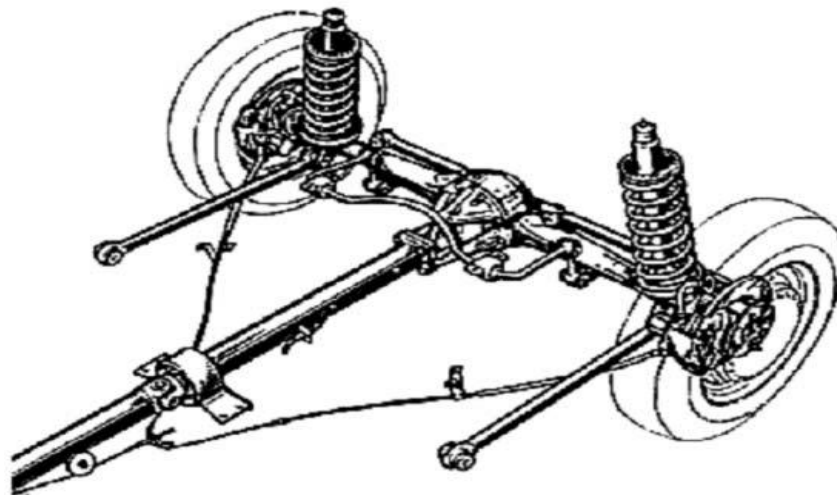


Слика 2.2- Зависно ослањање са балансирајућим точковима [2]

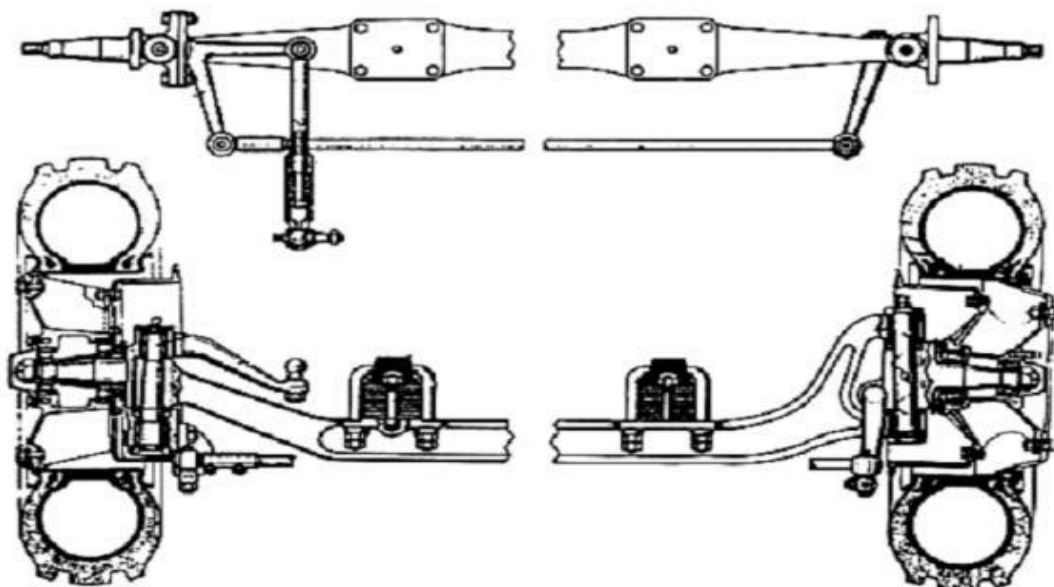
Зависни системи су повезани са појмом крутог моста, погонског (слика 2.3 и 2.4) и управљачког (слика 2.5).



Слика 2.3- Крути погонски мост [2]



Слика 2.4- Крути погонски мост [2]

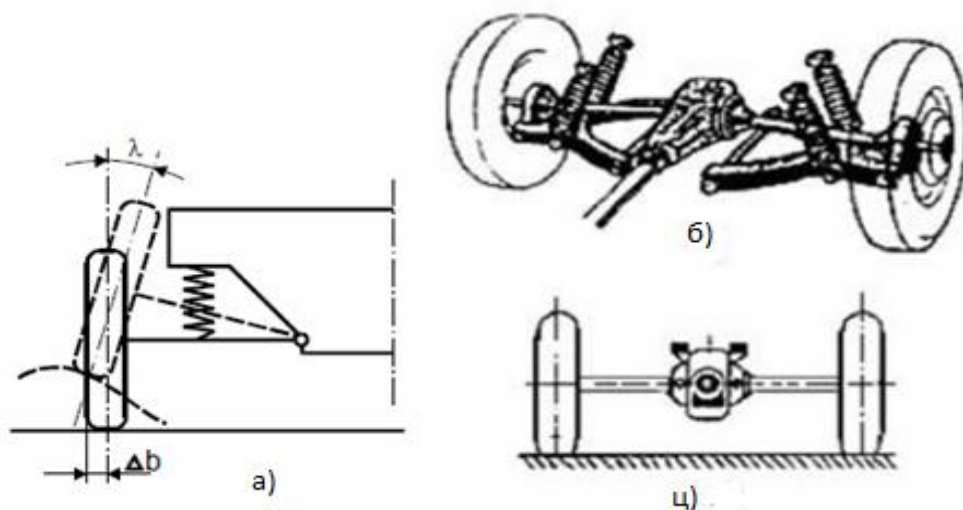


Слика 2.5- Крути управљачки мост [2]

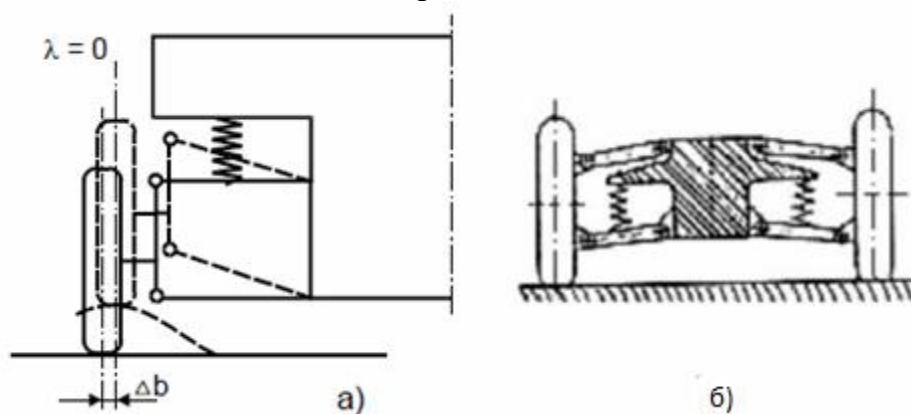
Независни системи ослањања се данас практично обавезно срећу на управљачким мостовима путничких возила, а често у последње време све више и на њиховим погонским мостовима. Код независних система, механизам за вођење преузима на себе и функцију управљачког моста у целини, уколико се ради о предњим точковима.

Погонски мост се у овом случају (ако није управљачки), не може изградити у једноставном крутом кућишту, већ се точкови везују са диференцијалом преко полувратила изведених као зглобни преносници и то углавном као асинхрони (неједнаких угаоних брзина) [2].

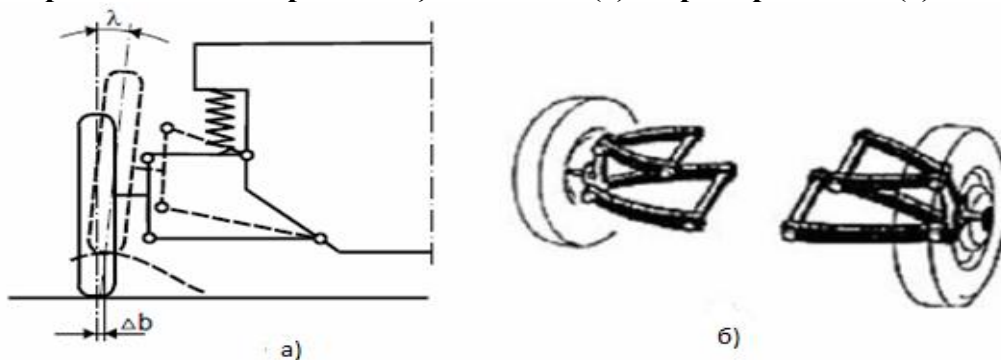
У зависности од тога у којој се равни помера точак при његовом подизању разликују се системи независног ослањања са: померањем точкова у попречној равни са једном попречном вођицом (слика 2.6 а, б и ц) или са две попречне вођице истих дужина (слика 2.7 а и б) или са две попречне вођице различитих дужина (слика 2.8 а и б), померањем точка у уздужној равни-са једном или две подужне вођице (слика 2.9 а и б) и са померањем точка у уздужној и попречној равни са постављеним вођицама под одређеним углом у односу на попречну и подужну раван (слика 2.10 а, б, ц и д), вертикалним померањем преко вођице (слика 2.11 а, б и ц).



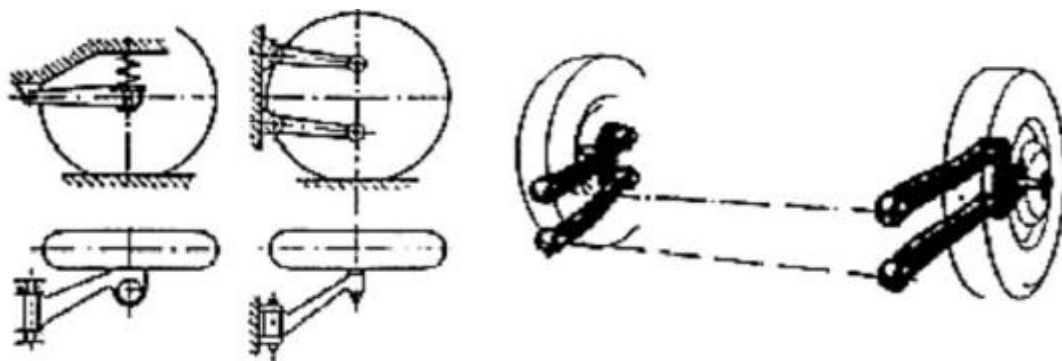
Слика 2.6- Скица (а) са примерима изведбе, (б) и (ц) независног система решења са једном попречном вођицом и померањем тачкова у попречној равни [2]



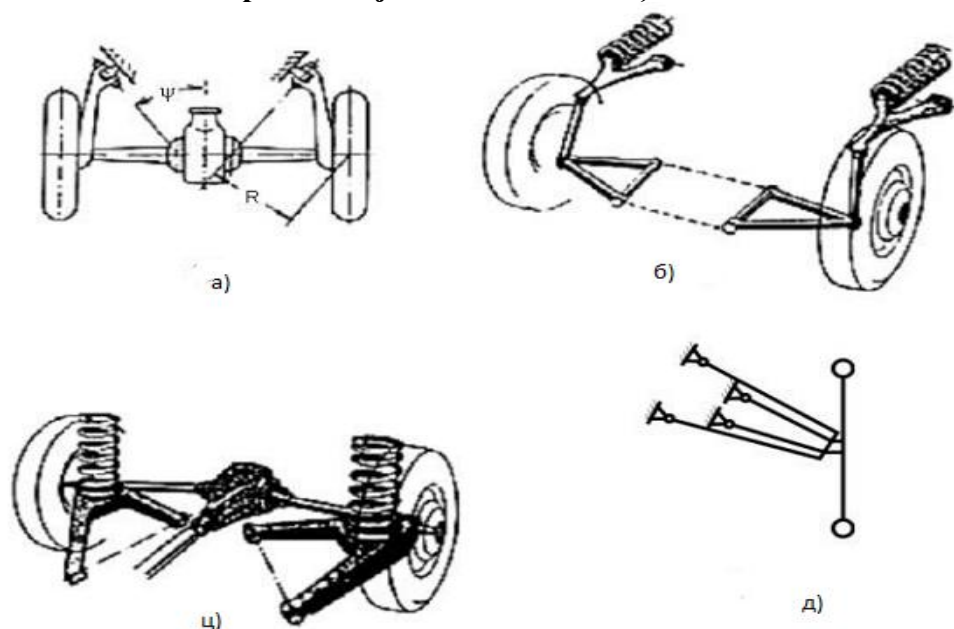
Слика 2.7- Систем независног ослањања са померањем тачка у попречној равни са две попречне вођице. Скица (а) и пример изведбе (б) [2]



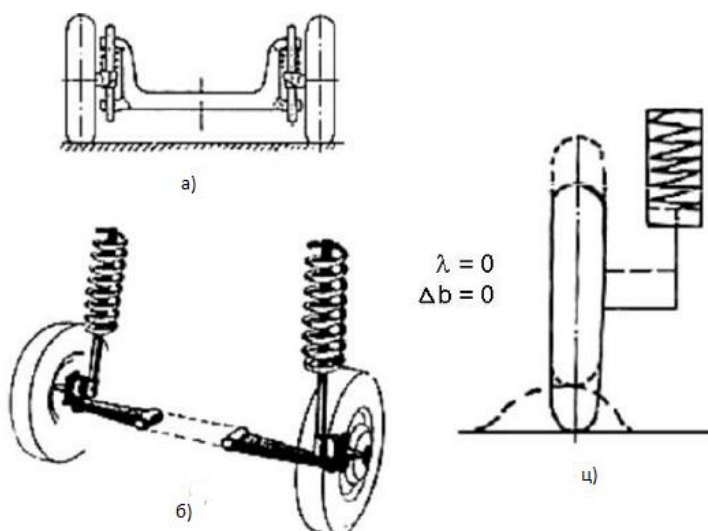
Слика 2.8- Систем независног ослањања са померањем тачка у попречној равни са две подужне вођице различитих дужина [2]



Слика 2.9- Систем независног ослањања са померањем точка у уздужној равни са једном или две вођице [2]



Слика 2.10- Систем независног ослањања са померањем точка у уздужној попречној равни са вођицама под углом у односу на уздужну и попречну равни [2]



Слика 2.11- Систем независног ослањања са померањем точка у вертикалној равни преко вођице [2]

Према врсти еластичних елемената системи ослањања се могу сврстати у следеће групе:

- са лиснатим гибњевима,
- са завојним опругама,
- са торзионим опругам,
- са пнеуматским еластичним елементима,
- са хидрауличним елементима и
- са комбинованим еластичним елементима.

2.2 Саставни елементи еластичног ослањања

Еластичну карактеристику система ослањања у највећој мери предодређују еластични елементи. Како је са друге стране, ова карактеристика једна од најбитнијих показатеља система ослањања у целини, то су еластични елементи доживели различита конструктивна решења, а данас се израђују од метала и неметала.

Еластични елементи од метала израђују се као: лиснате опруге (гибњеви), завојне опруге и торзиони штапови [2].

У неметалне еластичне ослоње спадају пнеуматски и хидраулични еластични елементи. На новијим конструкцијама возила често се сусрећу два па и више еластичних елемената. У том случају се говори о комбинованим еластичним елементима.

Елементи који сачињавају систем еластичног ослањања можемо сврстати у основну групу, тј. поделу главних елемената, а то су:

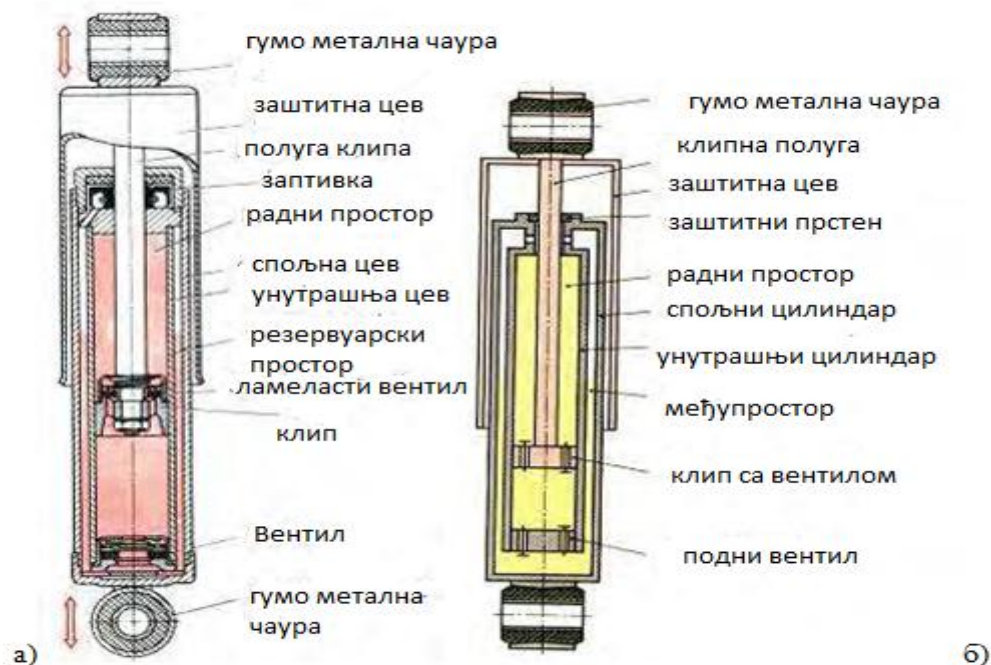
- * Амортизери,
- * Вођице,
- * Опруге [2].

2.2.1 Амортизери

Основна функција овог склопа је да амортизује или пригуши вертикалне ударне силе које прима возило при кретању. Тиме се код возила директно утиче на удобност, стабилност и сигурност кретања, тако да спадају у елементе активне сигурности возила. С 'обзиром да се фреквенције осциловања точка и каросерије возила међусобно разликују, својом функцијом амортизер мора да буде способан да обе осцилације пригуши. Управо због тога амортизер се поставља између каросерије и носећих елемената точка [3].

Постоје различите конструкције и типови амортизера, али се код савремених возила тамо где су потребни искључиво користе телескопски хидраулични амортизери. Састоје се од клипа са клипњачом који се крећу унутар радног цилиндра (унутрашњи цилиндар), који је испуњен уљем. Оба ова дела се налазе унутар једног спољног цилиндра. На клипу и радном цилиндру, налази се систем ламеластих вентила или малих отвора, тако да се кретање клипа у цилиндру уље потискује у слободан простор спољног цилиндра. Амортизер

своју функцију обавља пригушењем протицања уља кроз мале отворе или вентиле из једног простора у други, при кретању клипа у оба смера (на горе или доле). Клип амортизера са клипњачом и заштитном цеви причвршћени су зглобно за каросерију, а спољни и радни цилиндар за главчину или носеће елементе точка. Пригушењем изазвана разлика енергије кретања точка и каросерије преводи се у топлотну енергију, која се преко спољног омотача предаје околина [3].



Слика 2.12 -Телескопски хидраулични амортизери [3]

а) Телескопски двоцилиндрични хидраулични амортизер

б) Функционална шема хидрауличног амортизера

Принцип рада амортизера двоцилиндричног са слике, састоји се у следећем: при кретању точка на горе спољни и радни (унутрашњи) цилиндар се такође крећу на горе док клип мирује, с обзиром да је клипњачом причвршћен за каросерију.

Количина уља испод клипа бива потискивана преко ламеластих вентила у простор изнад клипа и истовремено у "акумулациони простор" (Слободна запремина спољног цилиндра).

При кретању точка на доле, радни цилиндар се такође креће на доле, тако да простор испод клипа бива повећан, услед чега се јавља подпритисак, те се уље поново "усисава" у радни цилиндар. Управо кретањем уља кроз вентиле са различитим отпорима протицању остварује се велики отпор протицању те тиме и промена енергије, односно губитак енергије осциловања и пригушење истог [3].

2.2.2 Вођице

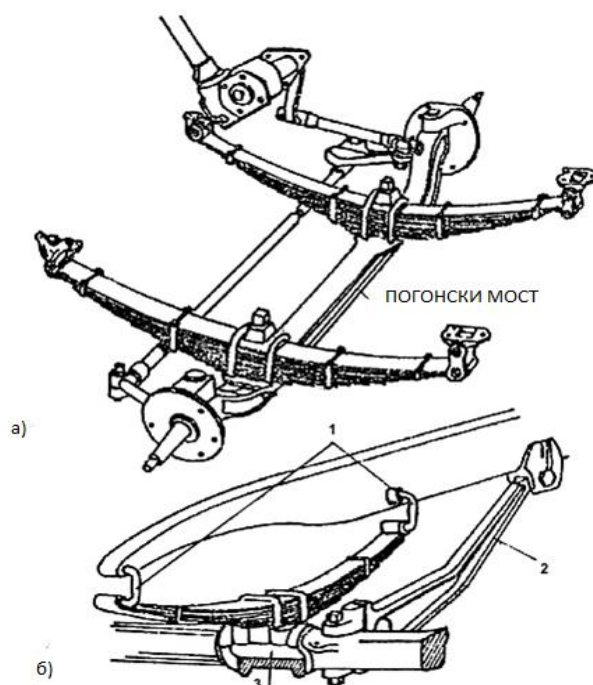
Начин и карактер померања точкова у односу на рам или каросерију битно утиче на могућност управљања и понашања возила како при вожњи у

кривини, тако и при вожњи на правцу. Кинематика точкова зависи искључиво од конструкције и врста елемената за вођење точка, а независно 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.

Код система зависног ослањања појављује се при наиласку точка на препреку, промена нагиба точка дефинисана неким углом и промена трага точкова за неку вредност.

Када угао достигне вредност већу од 10° може доћи до појаве жirosкопског момента који доводи до нестабилног управљања ако се ради о управљачким точковима. Стога се зависно ослањање управљачких точкова користи код возила која имају мање брзине кретања.

Најједноставније решење зависног ослањања приказано је на слици 2.13 а), а остварено је на принципу два лисната гибња. Карактер померања моста у односу на рам зависи од карактеристика гибња, тј. гибњак игра улогу и еластичног елемента и елемента за вођење. На слици 2.13 б) приказан је систем зависног ослањања где подужне силе и реактивне моменте поред гибња преноси и полуга (2). Спој гибња са рамом остварен је преко узенгије (1), па се тангенцијалне силе и одговарајући реактивни момент преносе преко полуге (2), па је гибњак растерећен [3].



Слика 2.13-Систем зависног ослањања [2]

Добра особина зависног ослањања су у једноставности конструкције, ниској цени производње и чињеници да лиснати гибњеви могу истовремено да обављају функцију еластичног елемента и функцију елемента за вођење точкова.

Недостаци зависног ослањања су померања трага точкова и појава угла који

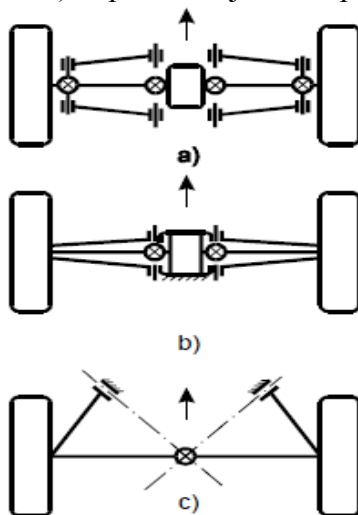
погоршавају возне особине, а поред тога и повећана тежина система ослањања.

Код независног система ослањања код кога се померање врши у попречној равни, може се закључити да код вођења точка са једном попречном вођицом долази до знатног одступања трага и знатног угла нагиба точка. Ово има за последицу да се овакав начин практично и не користи јер даје односе сличне као и код зависног ослањања.

Најбоље резултате даје механизам вођења точка са две попречне вођице различитих дужина, мада у односу на систем вођења са две полуге једнаких дужина доводи и до промене трага и до промене нагиба точка, додуше у толерантним границама (померање точка 4-5mm и угао 5-6°). На основу овог сасвим је разумљива врло широка примена механизма за вођење точка са две паралелне вођице различитих дужина.

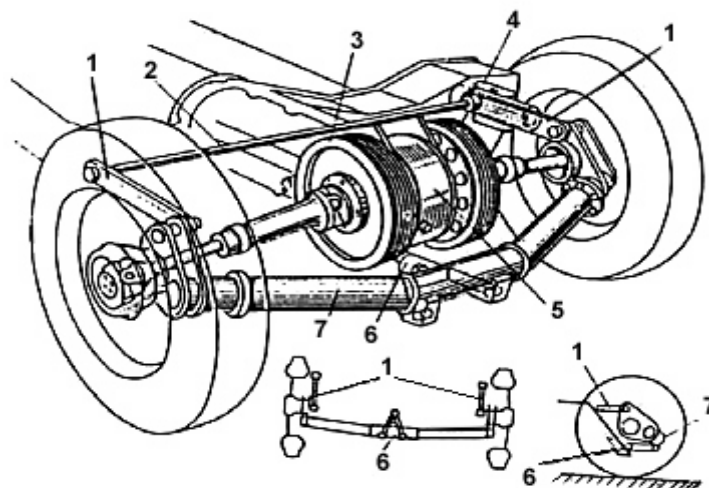
Померање точка у подужној равни остварује се механизмом за вођење точка са уздужним вођицама. У погледу кинематике точка овај начин извођења механизма за вођење точка има врло добро својство јер је померај трага једнак нули, а и угао накретања точка такође једнак нули. Извесна померања се остварују само у правцу кретања возила (мења се осни размак точка). Утицај који се при томе врши на систем управљања могу се лако превазићи. Померање точка у ваздушној и попречној равни се конструктивно решава вођицама постављеним под неким углом у односу на попречну или уздужну раван [2].

Оваквим косим начином постављања вођица се недостаци механизма са померањем точка у уздужној или попречној равни ублажују, односно остварују решења која обједињавају у извесној мери добре стране оба система. Због ових разлога овакви механизми за вођење точка се срећу како не управљачким тако и на погонским точковима. На слици 2.14 шематски су приказана три решења система за вођење погонских неуправљивих точка. За случај две попречне вођице (сл.2.14 а) користе се четири карданска зглоба, за случај једне попречне вођице (сл.2.14 б) користе се два карданска зглоба, а за случај косих вођица (сл.2.14 ц) користи се један кардански зглоб [2].



Слика 2.14- Примери извођења механизма за вођење погонских неуправљивих точка [2]

Пример вођења точкова код система независног ослањања за случај погонских и управљачких точкова дата је слика 2.15.



1 – полуге, 2 – стабилизатори, 3 – кочни добош, 4 – граничник,
5 – главни пренос, 6 – полуге, 7 – попречна цев

Слика 2.15- Механизам за вођење погонских управљачких точкова [2]

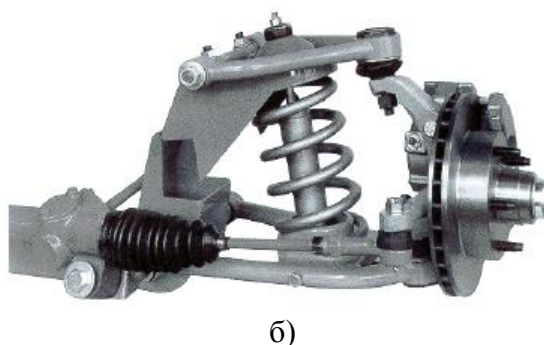
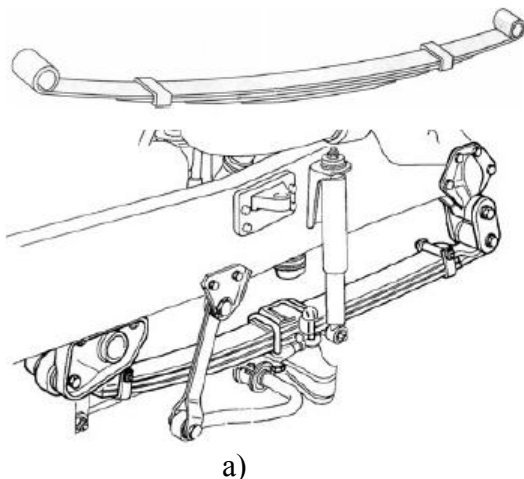
Главни елементи за вођење су ове полуге (6) у облику слова *А* и горње полуге (1).

2.2.3 Опруге

Опруге у систему ослањања имају задатак да спрече и ублаже преношење удара од подлоге на носећу конструкцију возила.

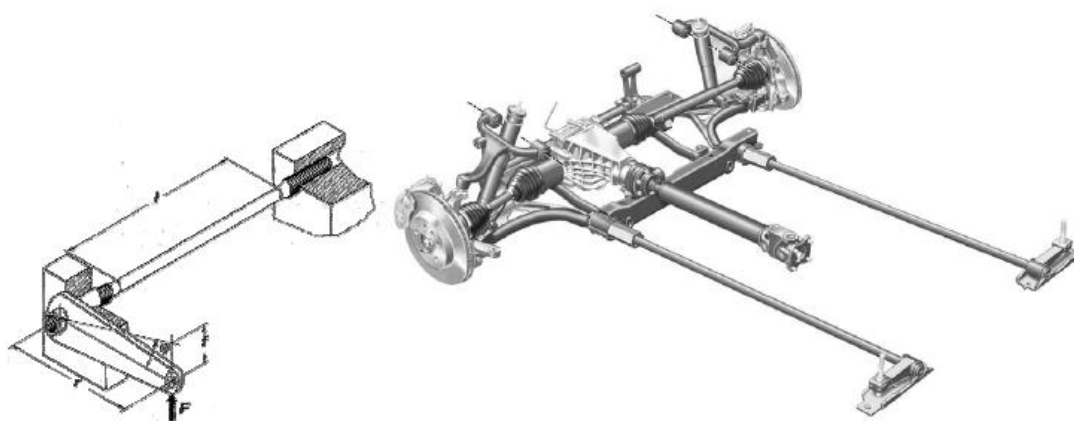
Основни типови еластичних елемената система ослањања су:

- **Спиралне опруге:** најраспрострањеније решење у путничким аутомобилима
- **Лиснате опруге(гибњеви):** користе се на задњој осовини неких лаких теретних возила, а често се примењују на свим осовинама теретних возила
- **Торзионе опруге:** често се срећу у путничким и теренским возилима
- **Ваздушни јастуци:** код аутобуса и теретних возила [1].



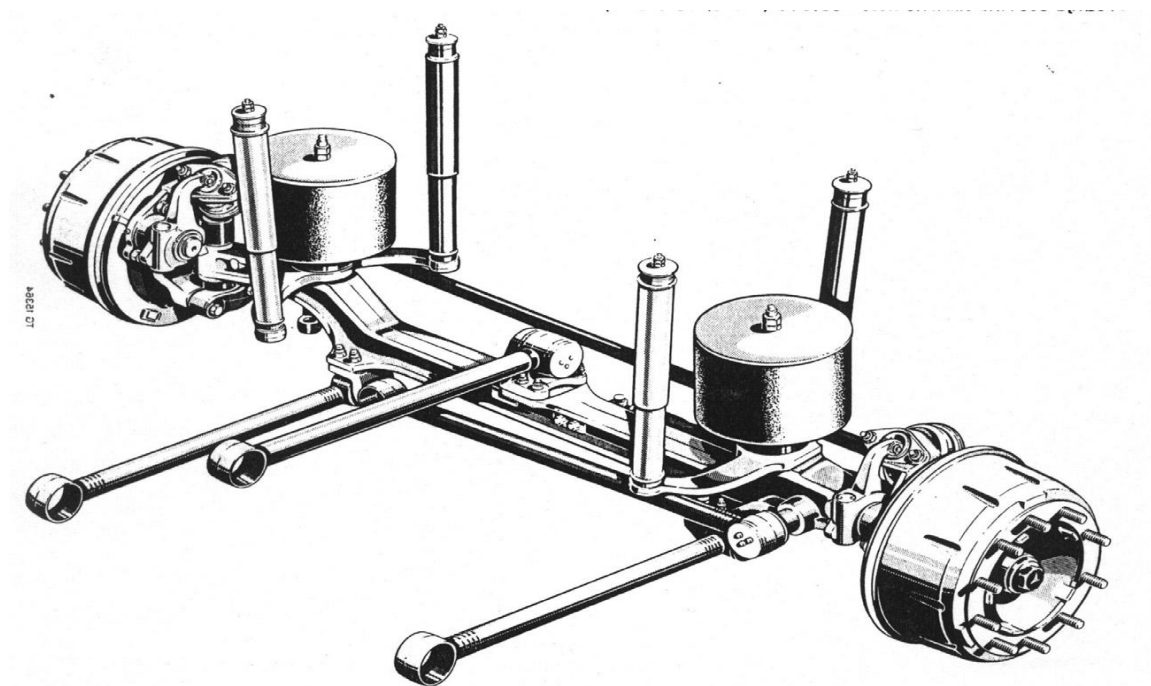
Слика 2.16- а) Лиснате опруга, б) Спирална опруга [1]

Бочна крутост лиснатих опруга(гибњева) им омогућава да имају и улогу елемената за вођење точкова, док трење између листова у некој мери може пригушивати осцилације. Слика 2.17- Торзиона опруга (десно-Мерцедес М класа)



Слика 2.17- **Торзиона опруга** (десно-Мерцедес М класа) [1]

За разлику од челичних опруга, еластични медијум у ваздушним јастуцима је ваздух под притиском који се обезбеђује из ваздушне инсталације возила која је заједничка за систем ослањања и систем кочења [1].

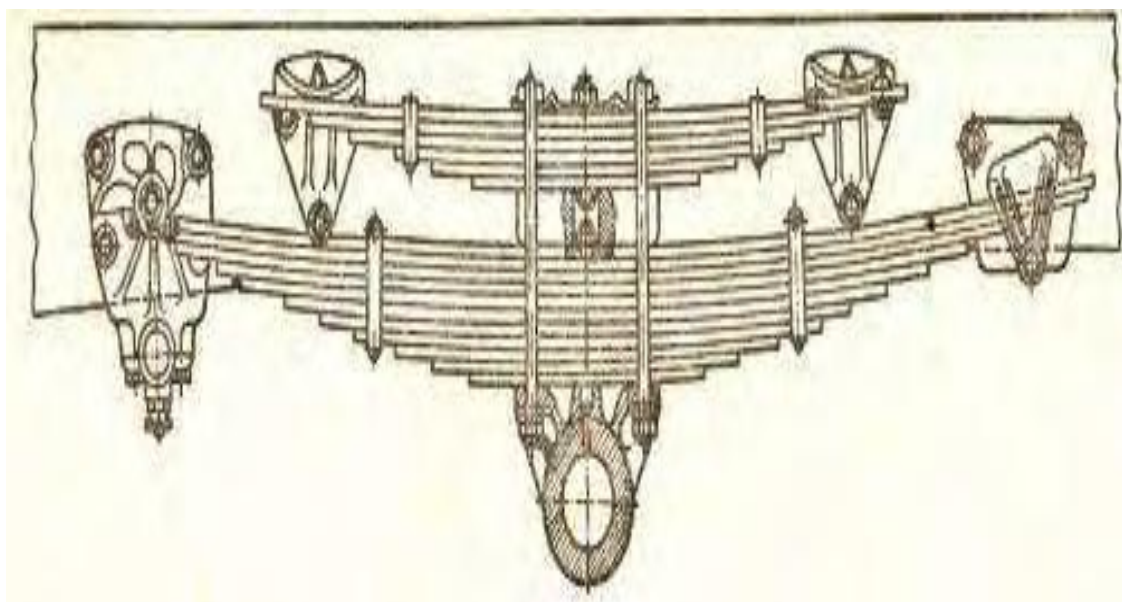


Слика 2.18- **Ваздушни јастуци**(Предња осовина аутобуса) [1]

3. Металне опруге

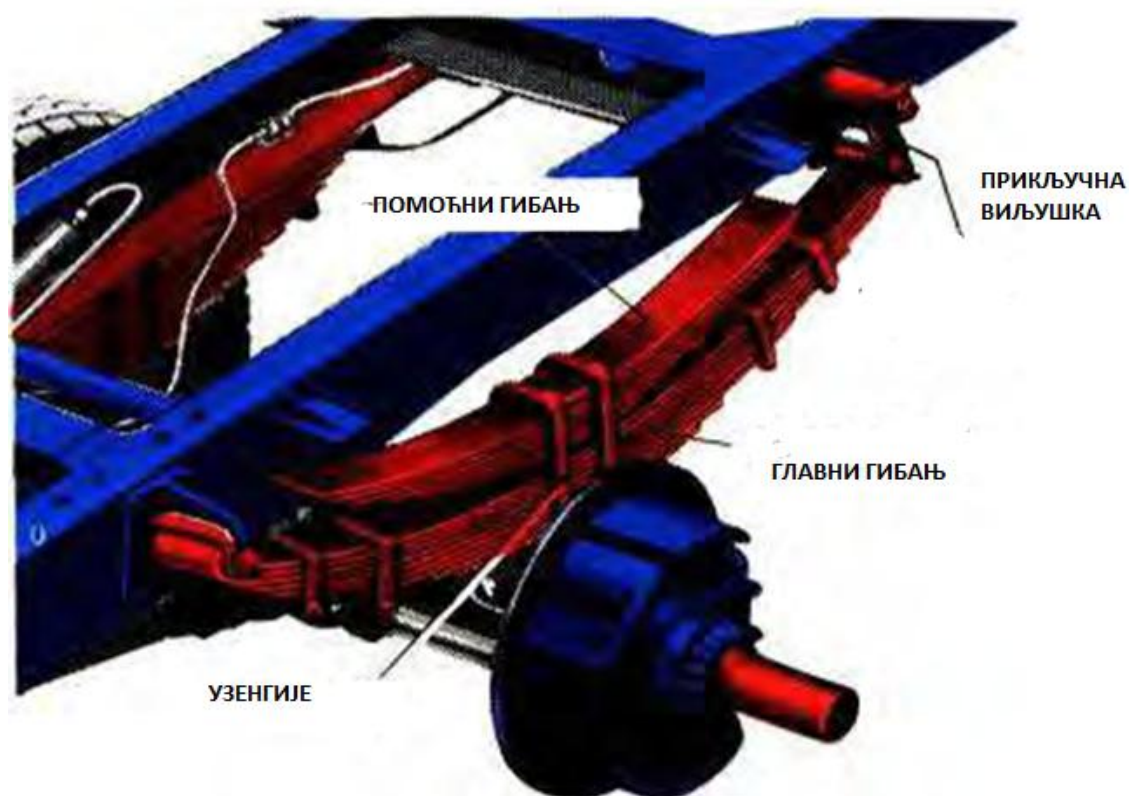
3.1 Лиснати гибњеви

Лиснати гибњеви спадају у еластичне елементе који се под дејством силе савијају. Састављени су од подужних, појединачних опруга, правоугаоног или елипсастог облика, међусобно наслаганих један на други по дужини, тако да образују полуелипсу. По средини сви листови гибња су притегнути једним централним завртњем ради спречавања међусобног подужног померања листова. Даље, по дужини, листови су чврсто спојени симетрично постављеним узенгијама, чиме се спречава међусобно бочно померање листова. Веза са носећим елементом (рамом или каросеријом) остварује се преко ушица на једном крају, у које су смештене гумо-металне чауре. Други крај лиснатог гибња је слободан или везан узенгијама, тако да је могућа промена дужине гибња при угибању [3].



Слика 3.1 - Веза двоструких лиснатих гибњева теретног возила [3]

Лиснати гибњеви у принципу спадају у гибње са линеарном крутошћу, али постављањем додатног гибња у такозване двоструке гибње (слика горња), може да се постигне и прогресивна крутост, те се у принципу такви користе код теретних возила [3].



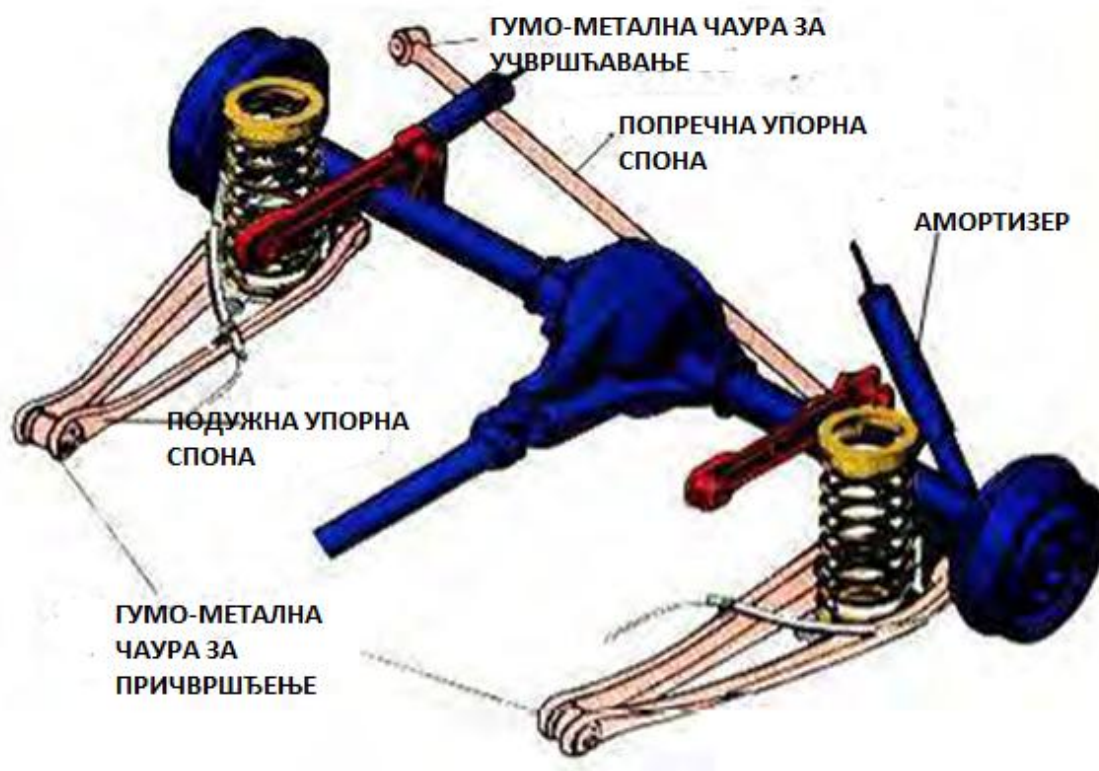
Слика 3.2-Положај двоструких лиснатих гибњева теретног возила [3]

Лиснати гибњеви имају и добру пригушну карактеристику, која се постиже међусобним трењем појединачних листова. Ова карактеристика условљава повећану негу гибњева, тиме што време између листова увек треба да постоји слој мазива или неког "међулиста" од тврде пластике са dobrим својствима, уз истовремено спречавање или умањење међуметалне корозије. Такође у добре карактеристике спада и та, што се овим гибњевима могу на рам возила да пренесу све подужне силе (погонска или кочна сила на точковима) врло добро подносе и бочна оптерећења, једном речју омогућују квалитетно вођење шасије.

Ова врста гибњева је веома погодна за огибљење теретних возила, те у принципу на њима налази главну примену. Код путничких возила налазе примену као гибњеви задње осовине или попречни гибова предње осовине [3].

3.2 Спиралне опруге

Ова врста је предодређена за примање искључиво сила у аксијалном правцу, тако да се не може користити за примање бочних или подужних оптерећења. Из тих разлога конструкција са спиралним опругама увек садржи подужне и попречне упорне споне, које се једним својим крајем зглобно везују за доњи ослонац опруге, а другим за каросерију (приказано је на слици) [3].



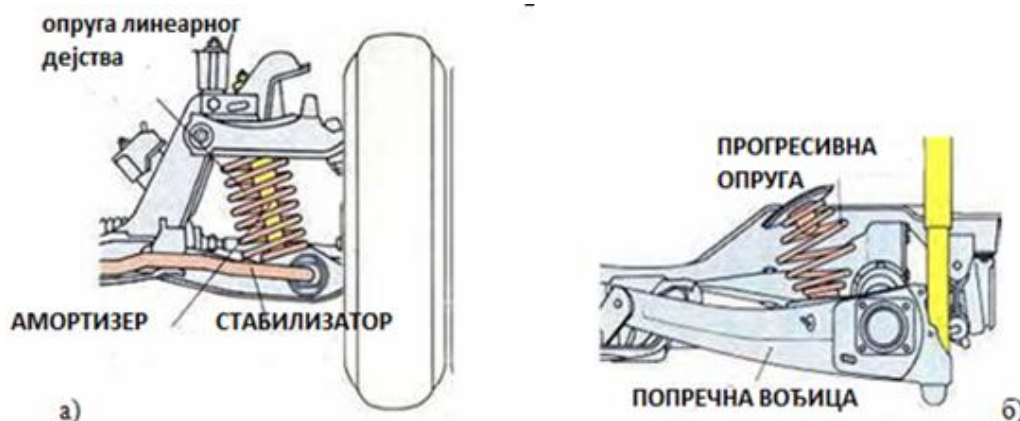
Слика 3.3- Крута погонска осовина са спиралним опругама и упорним полугама [3]

Везивањем на такав начин управо упорне полуге примају на себе сва подужна и попречна оптерећења, растеређујући спиралне опруге.

Опруга је направљена у облику спирале од округлог опружног челика одређеног пречника, намотане по цилиндру (опруге линеарне крутости) или по елипсоиду (опруге прогресивне крутости - Види слике 3.3 и 3.4), тако да је жица опруге напрегнута на смицање.

Прогресивне опруге имају и још једну предност - Ход (сабијање) је већи стога што се приликом сабијања спирале слажу једна унутар друге, чиме се постиже или мања дужина опруге или већи ход при истом оптерећењу у односу на спиралне опруге.

Прогресивна крутост може да буде остварена и применом жице континуално различитог пречника, али ова врста опруга има мању примену због цене израде исте. Унутар цилиндричне спиралне опруге у принципу, се постављају амортизери или још једна опруга са спиралом мањег пречника, чиме се постиже повећана крутост система [3].



Слика 3.4 -Спиралне опруге

а) са линеарном крутошћу
б) са прогресивном крутошћу

[3]

Треба истаћи и једну карактеристику спиралних опруга, а то је да под једнаким условима дебљина и квалитет жице, већу крутост имају опруге намотане у спиралу мањег пречника од опруга са спиралом већег пречника [3].

3.3 Торзионе опруге

Код ових врста опруга полука израђена од опружног челика напреже се на увијање дејством силе на крај једне једнокраке полуге за коју је фиксирана главчина точка.

Торзионе полуге су различитих конструкција: користе се пуни кружни или квадратни профили, цеви са разрезаним зидовима, пакети плjosнатих четвороугаоних полуга, мада је најчешћа примена опружни челик са пуним кружним профилем [3].



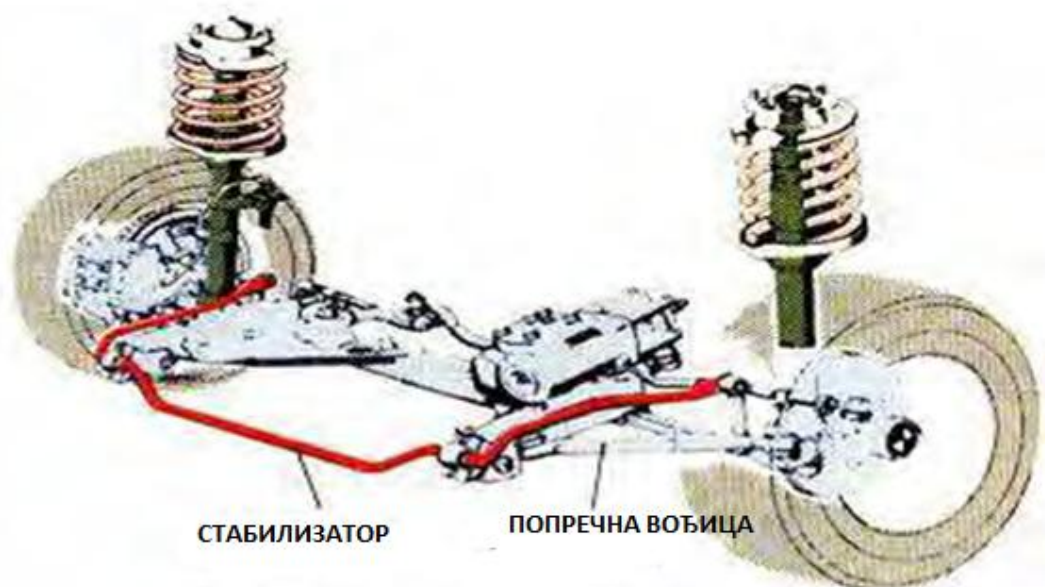
Слика 3.5 - Често примењиване врсте торзионих опруга [3]

Уколико је торзиона полуга кружног профила, на крајевима, се налази ожљебљење чиме се иста фиксира једним крајем за рам или каросерију а на другом крају је једнокрака полуга везана за конструкцију која носи точак (чешће названа "Ленкер"). Торзионе опруге налазе примену како код теретних тако и код путничких возила. Код примене на тешким теретним возилима (камион "Татра") или на тенковима (домаћи Тенк Т-55, Т-85), торзионе опруге се пре уградње "тренирају" на увијање, чиме им се век трајања знатно продужава [3].

Стабилизатори спадају у специјални вид торзионих опруга, којима се спречава превелико нагињање возила. Направљени су од опружног челика кружног пуног профила, тако да имају облик латиничног слова U. Својим средњим делом обртно, се спајају са каросеријом, крајевима за главчине или "виљушке" једне осовине точкова.

Стабилизатор торзионо реагује једино у случају када се само један од точкова на истој осовини утиба или када се каросерија возила нагиње око своје подужне осе.

С обзиром да и средина стабилизатора има мале ротације, а и крајеви угаоно померање (горе-доле), сходно померању точка, са носећим елементима се спајају гумо - металним чаурама [3].

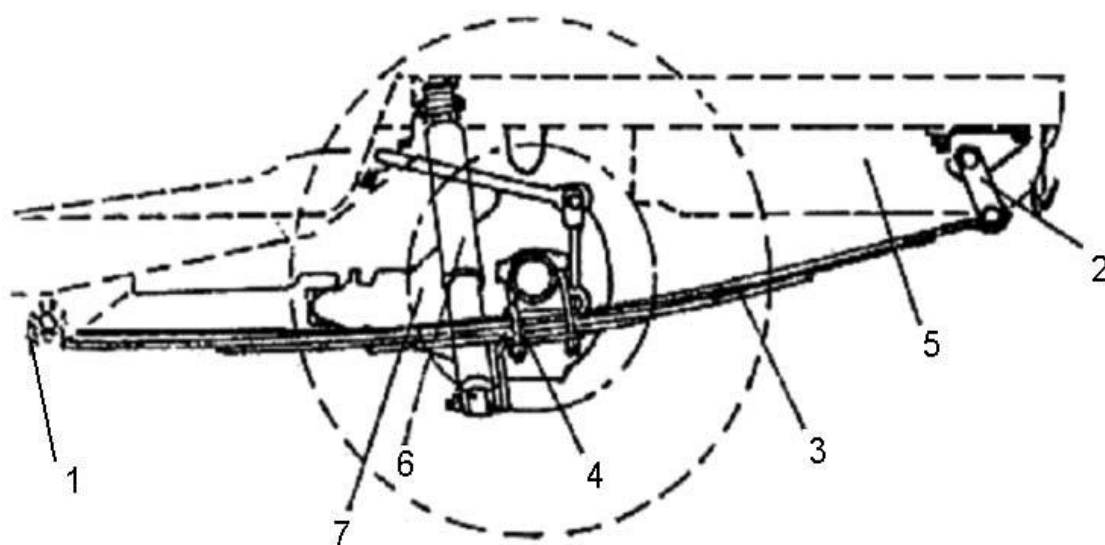


Слика 3.6- Стабилизатор као специјални вид торзионе опруге [3]

Стабилизатори се користе код свих возила и у комбинацији са свим видовима огибљења, изузевгибајућих и лебдећих осовина.

4. Гибњеви као еластични елементи

Лиснати гибњеви се обично употребљавају код зависног система еластичног ослањања. Како је раније напоменуто, код зависног система еластичног ослањања са уздужно постављеним гибњевима нису потребни елементи за вођење. Да бигибањ могао предавати и примати уздужне силе, мора бити са рамом или каросеријом везан преко једног крутог и једног помоћног ослонаца (обично преко полуге која је са једне стране зглобно везана за рам, а са друге загибањ). Да би лиснатигибањ задржао мост од окретања око своје осовине мора бити са њим круто везан. Начин везивања лиснатог гибња за осовину и рам дат је на слици 4.1 [2].



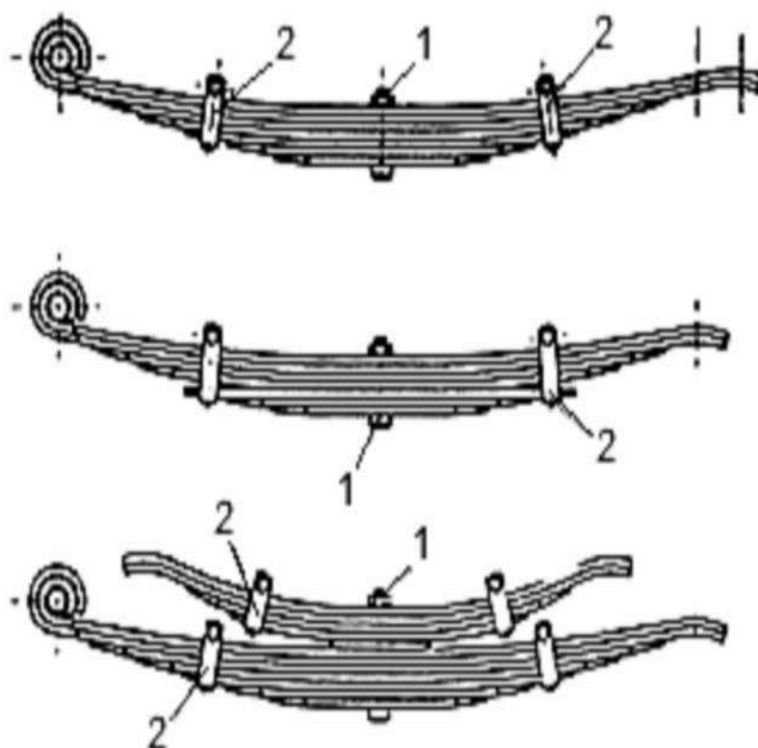
1 – непокретни ослонац ; 2 – покретни ослонац; 3 – лиснатигибањ;
4 – узенгије(веза мост-гибањ); 5 - рам; 6 – амортизер; 7 – погонски мост

Слика 4.1- Везивање лиснатог гибња на возило [2]

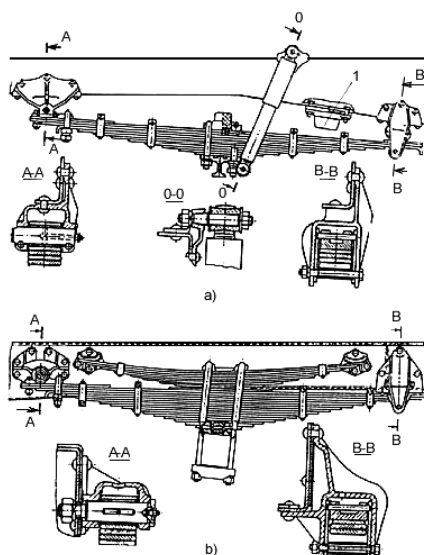
Лиснатигибањ је углавном састављен од лиснатих, ваљаних или вучених челичних трака, а због оптерећења на савијање састоји се од више листова различите дужине и различитог радијуса кривине а у циљу смањења трења између листова постављају се слојеви од пластике. Да не бих дошло до померања листова гибња служи централни завртањ (1) (слика 4.2) и стега (2). Поред предности лиснатог гибња које су наглашене раније (нису потребни елементи за вођење) они имају и низ недостатака који се огледају у релативно великој сопственој тежини, недовољном веку трајања и линеарној карактеристици (која практично треба да је нелинеарна) [2].

4.1 Начин постављања лиснатих гибњева

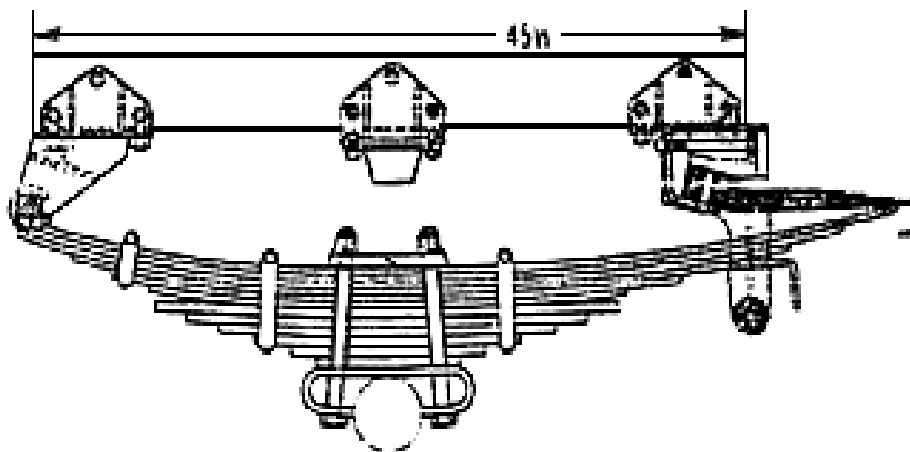
Примери уградње лиснатих гибњева дати су на слици 4.3, 4.4, 4.5 и 4.6. На слици 4.3 дат је пример везе (улежиштења) гибња на возилу и граничник савијања гибња (а) - позиција 1, а на делу слике (б) дата су паралелно два гибња (главни и помоћни). Другачија изведба главног и помоћног гибња дата је на слици 4.4. На слици 4.5 дат је попречни гибањ на путничком возилу, а на слици 4.6 види се уграђен попречни гибањ на трактору [2].



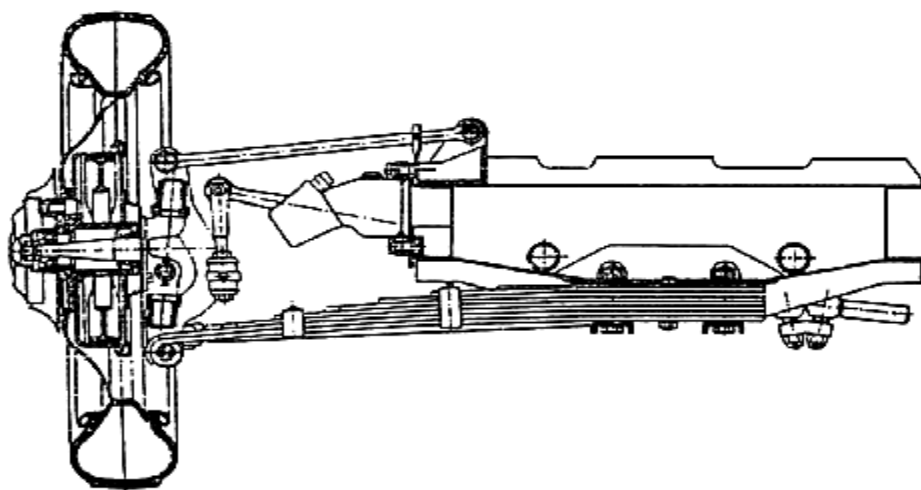
Слика 4.2 - Лиснати гибањ - склоп [2]



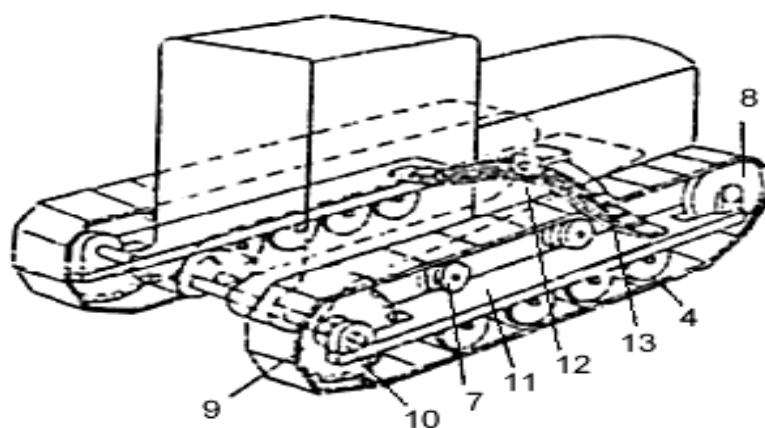
Слика 4.3 - Уградња лиснатих гибњева на возилу [2]



Слика 4.4 - Решење главног и помоћног лиснатог гибња [2]



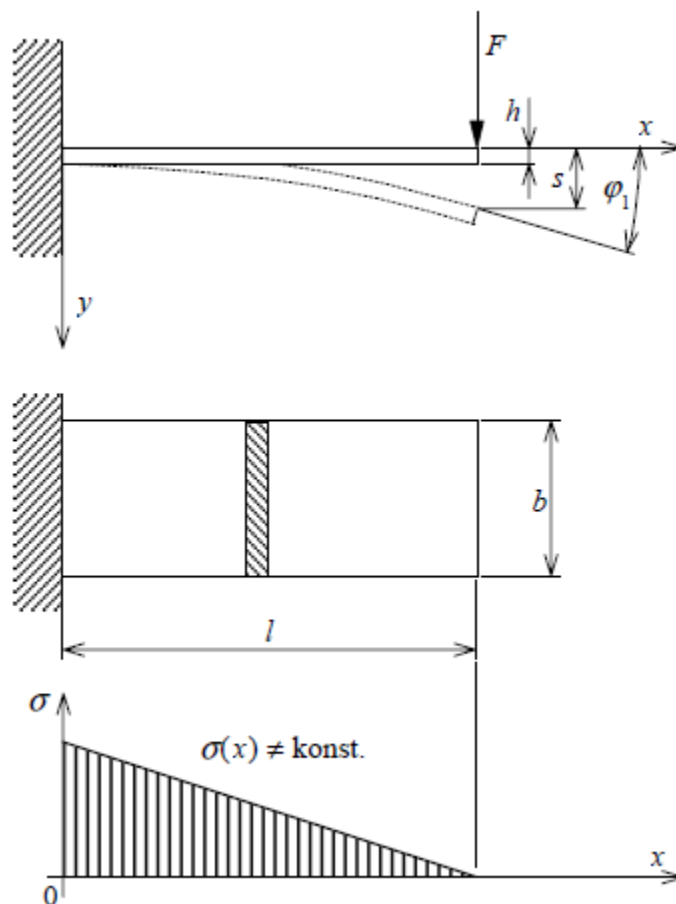
Слика 4.5 - Попречнигибањ на путничком возилу [2]



Слика 4.6 - Попречнигибањ на трактору [2]

5. Прорачун простог гибња

5.1 Лисната опруга са константним пресеком листа



Слика 5.1 [7]

-Момент савијања:

$$M = F * l - x$$

-Диференцијална једначина:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M}{E * I} \rightarrow \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{F}{E * I} * (l - x)$$

Савијање:

$$\varphi_1 = \frac{F * l^2}{2 * E * I}$$

$$\varphi(x) = \left(\varphi_1 * \frac{x}{l} \right) * \left(2 - \frac{x}{l} \right)$$

-Увијање:

$$S = \frac{F * l^3}{3 * E * I}$$

$$y(x) = \frac{S}{2} * \left(\frac{x^2}{l^2}\right) * \left(3 - \frac{x}{l}\right)$$

-Напрезање:

$$\sigma(x) = \frac{M(x)}{W} = F * \frac{l}{W} * \left(1 - \frac{x}{l}\right)$$

-Момент отпора:

$$W = b * \frac{h^2}{6} \quad (\text{правоугли пресек})$$

-Момент инерције:

$$I = b * \frac{h^3}{12} \quad (\text{правоугли пресек})$$

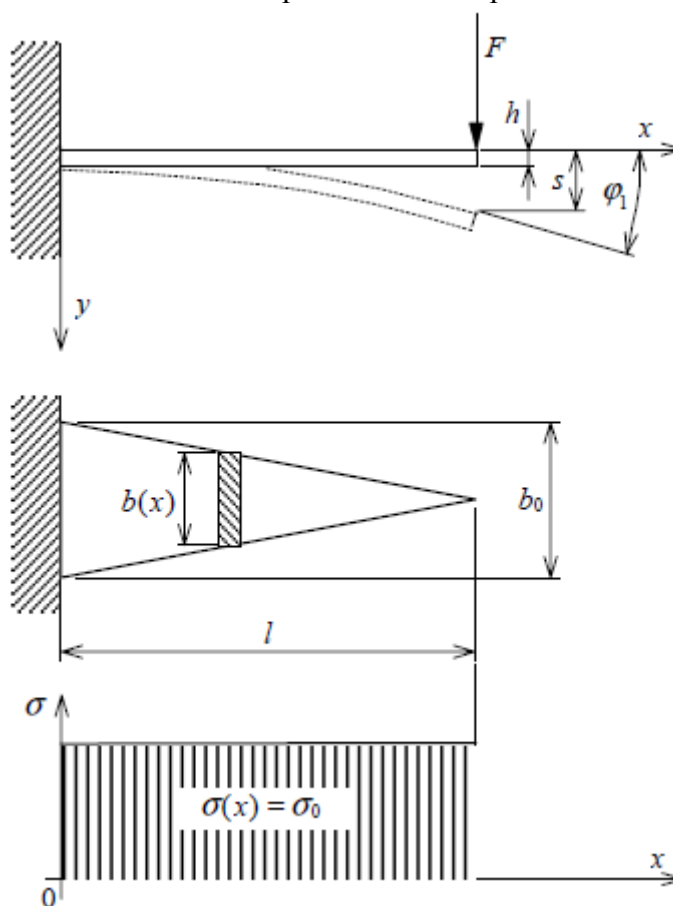
-Највеће напрезање:

$$\sigma(0) = F * \frac{l}{W} \quad \text{или} \quad \sigma(0) = 6 * l * \frac{F}{b * h^2}$$

[7]

5.2 Лисната опруга са променљивом ширином листа

Да би се постигла потпуна искористивост материјала, напрезање треба бити константно. То се може постићи промењивом ширином листа.



Слика 5.2 [7]

-Момент савијања:

$$M = F * l - x$$

-Диференцијална једначина: $\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M}{E * I}$ или $\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{F * I}{E * I_0} = \text{const.}$

-Савијање:

$$\varphi_1 = \frac{F * l^2}{E * I_0}$$

$$\varphi(x) = \varphi_1 * \frac{x}{l}$$

-Увијање:

$$S = \frac{F * l^3}{2 * E * I_0}$$

$$y(x) = S * \frac{x^2}{l^2}$$

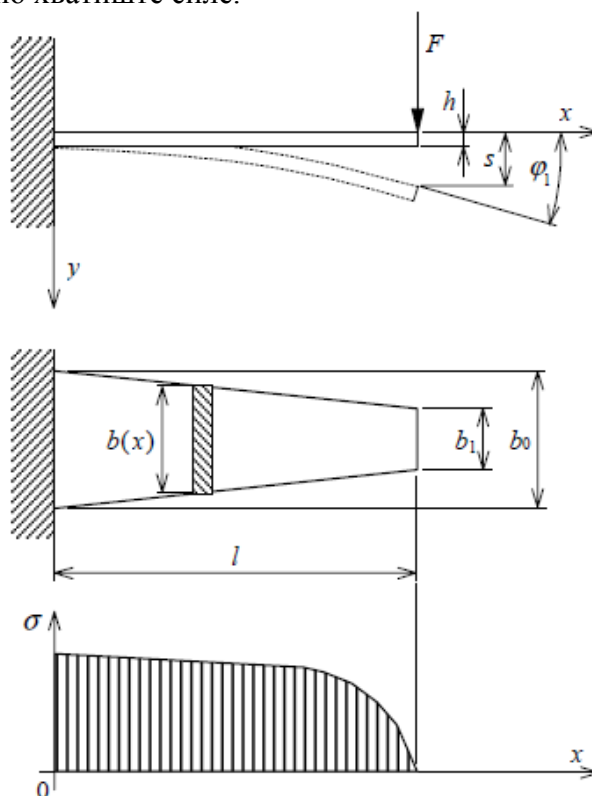
-Напрезање:

$$\sigma(x) = \frac{M(x)}{W(x)} = F * \frac{l}{W_0} = \text{const.} \rightarrow \sigma(0) = \frac{6 * F * l}{b_0 * h^2}$$

[7]

5.3 Лисната опруга са трапезним профилом

У пракси се уместо троугласте лиснате опруге користи опруга трапезног облика. Тиме је осигурано хваташте силе.



Слика 5.3 [7]

-Момент савијања:

$$M = F * l - x$$

-Диференцијална једначина:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M}{E * I}$$

-Савијање: за $a = \frac{b_0 - b_1}{b_0}$ $\varphi = \frac{F * l^2}{E * I_0} * [a * \frac{x}{l} + a * (a - 1) * \ln * \frac{a - \frac{x}{l}}{a}]$

$$\varphi(1) = \frac{F * l^2}{E * I} * \frac{b_0}{b_0 - b_1}$$

-Увијање:

$$S = y(1) = \frac{F * l^3}{E * I_0} * \frac{1}{2 + \frac{b_1}{b_0}}$$

-Напрезање:

$$\sigma(x) = \frac{M(x)}{W} = \frac{F * (l - x) * l}{W_0 * (l - x) + W_1 * x}$$

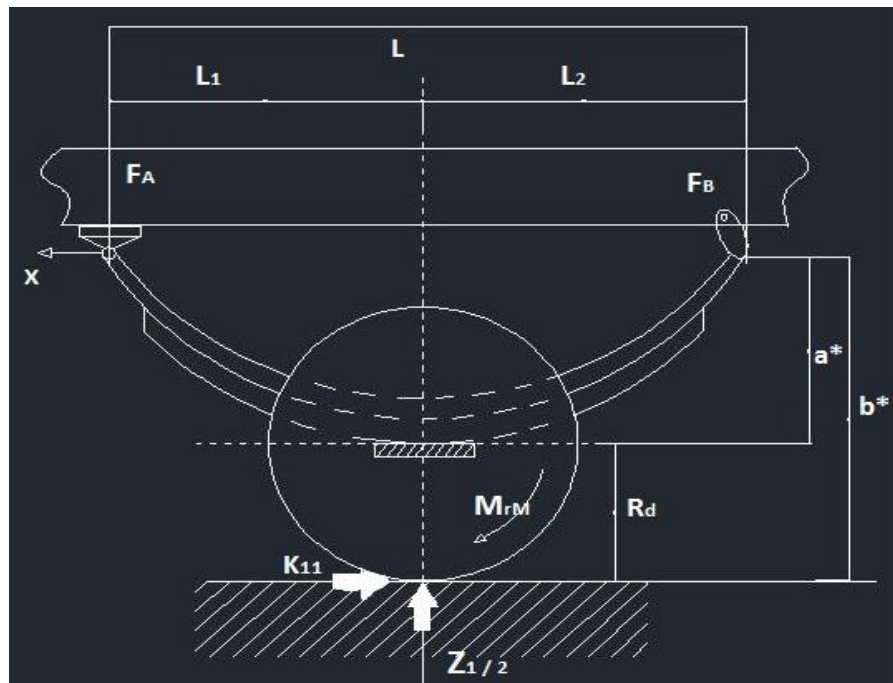
-Највеће напрезање:

$$\sigma(0) = F * \frac{l^2}{W_0} (= \sigma_{\text{макс.}})$$

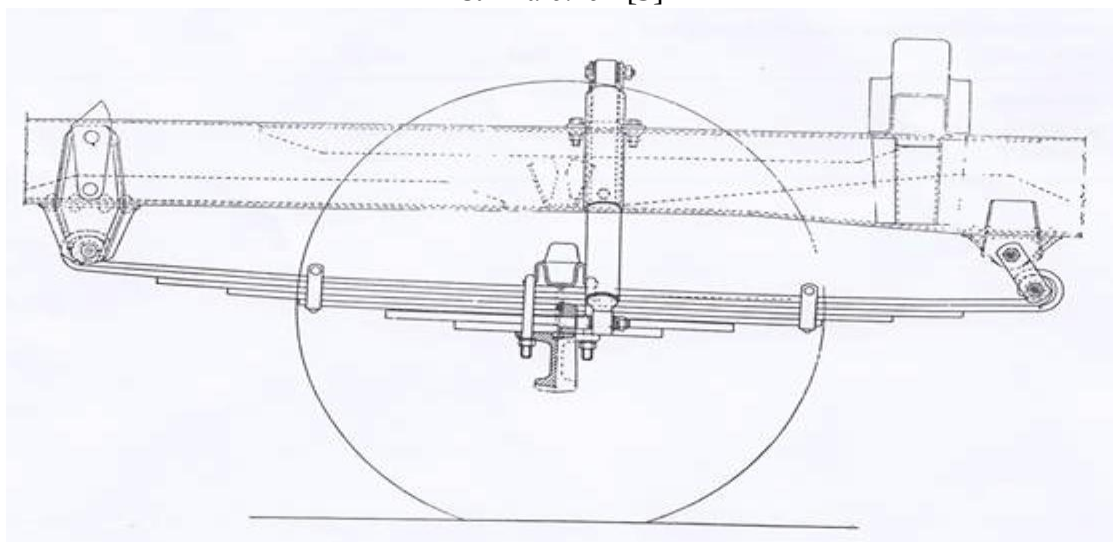
[7]

6. Прорачунски задатак-пример

6.1 Прорачун СЕО код ТУРБО ЗЕТЕ на предњем непогонском мосту



Слика 6.1a [9]



Слика 6.1б [9]

Познати подаци су :

- маса возила: $m=2160 \text{ kg}$
- међуосовинско растојање: $L=3 \text{ m}$
- координата тежишта: $a=1,061 \text{ m}$
- координата тежишта: $b=1,939 \text{ m}$
- висина тежишта: $H_t=1,1 \text{ m}$
- коефицијент пријањања напред: $\varphi_1=0,72$
- коефицијент пријањања позади: $\varphi_2=0,75$
- динамички полупречник точка: $R_d=356 \text{ mm}$

Геометријске мере са слике:

- $a^*=62,5 \text{ mm}$
- $b^*=418 \text{ mm}$
- $L_1 = 650 \text{ mm}$
- $L_2 = 680 \text{ mm}$
- $L = 1,33 \text{ m}$

Прорачун се врши у односу на силе које се јављају у случају кочења.
Динамичка вертикала реакције рачуна се из вучног биланса и за случај.

$$R_v = 0, R_f = 0$$

$$F_o = \sum R \rightarrow \sum R = 0$$

$$\sum X_i = 0 \rightarrow R_i = K_1 + K_2 = \varphi_1 * Z_1 + \varphi_2 * Z_2 = \varphi_1 * Z_1 + \varphi_2 * (G - Z_1) = Z_1 * (\varphi_1 - \varphi_2) + \varphi_2 * G$$

$$\sum Z_i = 0 \rightarrow Z_2 = G - Z_1$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow Z_1 * L - G * b - Z_1 * (\varphi_1 - \varphi_2) * H_t - \varphi_2 * G * H_t = 0$$

$$Z_1 * (L + H_t * (\varphi_2 - \varphi_1)) = G * (b + \varphi_2 * H_t)$$

$$Z_1 = \frac{G * (b + \varphi_2 * H_t)}{L + H_t * (\varphi_2 - \varphi_1)}$$

G - укупна тежина возила

$$G = m * g = 2160 * 9,81 = 21,189 \text{ [kN]}$$

$$Z_1 = \frac{G * (b + \varphi_2 * H_t)}{L + H_t * (\varphi_2 - \varphi_1)} = \frac{21,189 * (1,939 + 0,75 * 1,1)}{3 + 1,1 * (0,75 - 0,72)} = 19,38 \text{ [kN]}$$

$$M_{k1} = Z_1 * \varphi_1 * R_d = 19,38 * 0,72 * 0,356 = 4,96 \text{ [kNm]}$$

$$M_{k11} = \frac{Z_1}{2} * \varphi * r_d = \frac{19,38}{2} * 0,72 * 0,356 = 2,48 \text{ [kNm]}$$

$$X = K_{11} \quad K_{11} = \frac{Z_1}{2} * \varphi_1$$

$$X = K_d * \frac{Z_1}{2} * \varphi_1 = 1 * \frac{19,38}{2} * 0,72 = 6,97 \text{ [kN]}$$

K_d - Динамички коефицијент (зависи од угиба гибња и у функцији је вертикалног оптерећења и брзине).

$$\sum M_B = 0$$

$$F_A = \frac{Z_1}{2} * \frac{L_2 - \phi_1 * b^*}{L} = \frac{19.38}{2} * \frac{0.68 - 0.72 * 0.418}{1.33} = 2.192 \text{ [kN]}$$

$$F_B = \frac{Z_1}{2} * \frac{L_2 + \phi_1 * b^*}{L} = \frac{19.38}{2} * \frac{0.65 + 0.72 * 0.418}{1.33} = 2.54 \text{ [kN]}$$

Укупан напон на делу главног листа код ослонаца А (непокретан ослонац).

$$\sigma_{sl} = \frac{F_A * L_1}{\sum W} + \frac{X}{b_{l1} * h_{l1}}$$

$\sum W$ - збир отпорних момената попречног пресека свих листова гибња.

b_{l1}, h_{l1} - ширина и дебљина главног листа

b_{li}, h_{li} - ширина и дебљина основних листова

$$\sum \frac{b_{li} * h_{li}^2}{6} = \frac{4 * 0.0125^2}{6} = 8 \text{ [cm}^3 \text{]}$$

$$b_{li} = 60 \text{ [mm]}$$

$$h_{li} = 12,5 \text{ [mm]}$$

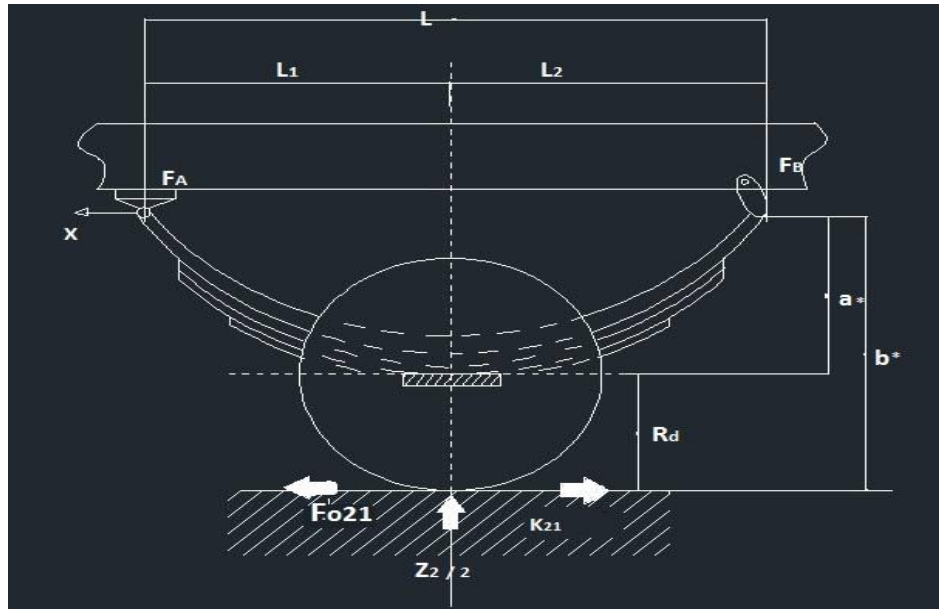
$$\sigma_{sl} = \frac{F_A * L_1}{\sum W} + \frac{X}{b_{l1} * h_{l1}} = \frac{2192 * 0.65}{0.000008} + \frac{970}{0.06 * 0.0125} = 179.39 \text{ [MPa]}$$

Део главног напона код ослонаца В је оптерећен само на савијање.

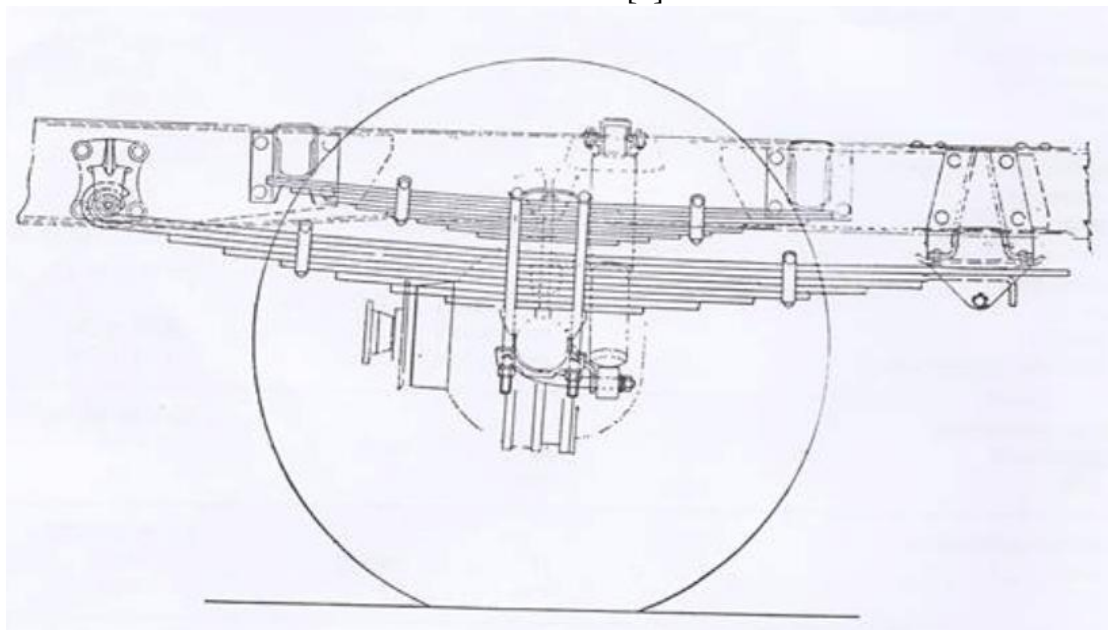
$$\sigma_{sd} = \frac{F_B * L_2}{\sum W} = \frac{2540 * 0.68}{0.000008} = 215.9 \text{ [MPa]}$$

[9]

6.2 Прорачун СЕО код ТУРБО ЗЕТЕ на задњем погонском мосту



Слика 6.2а [9]



Слика 6.2б [9]

Прорачун се врши у односу на максимална динамичка оптерећења у условима вуче или кочења:

Познати су подаци:

- | | |
|--|-----------------------------|
| – маса возила: $m=2160$ kg | Геометријске мере са слике: |
| – висина тежишта: $H_t=1,1$ m | – $L=1370$ mm |
| – коефицијент пријањања напред: $\varphi_1=0,72$ | – $a^*=57,5$ m |
| – коефицијент пријањања позади: $\varphi_2=0,75$ | – $b^*=413,5$ m |
| – динамички полупречник точка: $R_d=356$ mm | – $L_1 = 700$ mm |
| – коефицијент отпора котрљању: $f=0,02$ | – $L_2 = 670$ mm |

Максимална вучна сила:

$$F_{o2} = G * \varphi_2 * \frac{a - \varphi_1 * H_t}{1 - \varphi_2 * H_t} = 21.189 * 0.75 * \frac{1.061 - 0.02 * 1.1}{3 - 0.75 * 1.1} = 7.591 \text{ [kN]}$$

Кочиона сила на задњем точку:

$$R_v \approx 0 ; R_f \approx 0 ; R_i \approx 0$$

$$K_2 = G * \varphi_2 * \frac{a - \varphi_1 * H_t}{L + H_t * (\varphi_2 - \varphi_1)} = 21.189 * 0.75 * \frac{1.061 - 0.02 * 1.1}{3 + 1.1 * (0.75 - 0.73)} = 1.409 \text{ [kN]}$$

Ослањање гибња:

-За услове кочења

$$F_A = \frac{K_d * \frac{G}{2} * (a - \varphi_2 * H_t)}{L + H_t * (\varphi_2 - \varphi_1)} * \frac{L_2 - \varphi_2 * b}{L} = \frac{1 * \frac{21.189}{2} * (1.061 - 0.02 * 1.1)}{3 + 1.1 * (0.75 - 0.73)} * \frac{0.67 - 0.75 * 0.423}{1.37}$$

$$= 338 \text{ [N]}$$

$$\mathbf{F_A = 338 \text{ [N]}}$$

$$F_B = \frac{K_d * \frac{G}{2} * (a - \varphi_1 * H_t)}{L + H_t * (\varphi_2 - \varphi_1)} * \frac{L_1 - \varphi_2 * b}{L} = \frac{1 * \frac{21.189}{2} * (1.061 + 0.02 * 1.1)}{3 + 1.1 * (0.75 - 0.73)} * \frac{0.7 - 0.75 * 0.413}{1.37}$$

$$= 267.6 \text{ [N]}$$

$$\mathbf{F_B = 267,6 \text{ [N]}}$$

-За случај вуче

$$FA = \frac{Kd * \frac{G}{2} * (a - \varphi_1 * Ht)}{L - Ht * \varphi_2} * \frac{L_2 - \varphi_2 * b}{L} = \frac{1 * \frac{21.189}{2} * (1.061 - 0.02 * 1.1)}{3 + 1.1 * 0.75} * \frac{0.67 - 0.75 * 0.423}{1.37}$$

$$= 3625 [N]$$

$$F_A = 3625 [N]$$

$$FB = \frac{Kd * \frac{G}{2} * (a - \varphi_1 * Ht)}{L - Ht * \varphi_2} * \frac{L_1 + \varphi_2 * b}{L} = \frac{1 * \frac{21.189}{2} * (1.061 - 0.02 * 1.1)}{3 - 1.1 * 0.75} * \frac{0.7 + 0.75 * 0.413}{1.37}$$

$$= 1333 [N]$$

$$F_B = 1333 [N]$$

Напон на главном листу:

$$x = Kd * \frac{Z_2}{2} * \varphi_1 = 1 * \frac{1.809}{2} * 0.72 = 651 [N]$$

$$\sigma_{sl} = \frac{Fa * L_1}{\sum W} + \frac{x}{b_{l1} * h_{l1}} - \text{услови кочења}$$

$$\sum \frac{b_{li} * h_{li}^2}{6} = \frac{2 * 0.06 * 0.0125^2}{6} + 3 * \frac{0.06 * 0.0087^2}{5} = 5 [cm^3]$$

$$b_1 = 60mm \quad h_1 = 15mm$$

$$b_2 = 60mm \quad h_2 = 15mm$$

$$b_3 = 60mm \quad h_3 = 8,75mm$$

$$b_4 = 60mm \quad h_4 = 8,75mm$$

$$b_5 = 60mm \quad h_5 = 8,75mm$$

$$\sigma_{sl} = \frac{Fa * L_1}{\sum W} + \frac{x}{b_{l1} * h_{l1}} = \frac{338 * 0.7}{5 * 0.000006} + \frac{651}{0.06 * 0.015} = 1397.5 [MPa]$$

Услови вуче:

$$\sigma_{sl} = \frac{Fa * L_1}{\sum W} - \frac{x}{b_{l1} - h_{l1}} = \frac{3625 * 0.7}{5 * 0.000006} - \frac{651}{0.06 - 0.015} = 1839.8 [MPa]$$

Део главног напона код ослонца В је оптерећен само на савијање:

$$\sigma_{sd} = \frac{Fb * l_2}{\sum W} = \frac{2540 * 0.67}{5 * 0.000006} = 340 [MPa]$$

[9]

7. Закључак

Лиснати гибњеви су почели у индустрији да се користе пре пар десетина година као главни елементи система еластичног ослањања моторног возила.

Углавном су се употребљавали код зависног система ослањања возила.

Састављени су од подужних, појединачних опруга, правоугаоног или елипсастог облика, међусобно наслаганих један на други по дужини, тако да образују полуелипсу.

Лиснати гибњеви имају и добру пригушну карактеристику, која се постиже међусобним трењем појединачних листова.

Ова карактеристика условљава повећану негу гибњева, тиме што време између листова увек треба да постоји слој мазива или неког "међулиста" од тврде пластике са dobrим својствима, уз истовремено спречавање или умањење међуметалне корозије.

Такође у добре карактеристике спада и та, што се овим гибњевима могу на рам возила да пренесу све подужне силе (погонска или кочна сила на точковима) врло добро подносе и бочна оптерећења, једном речју омогућују квалитетно вођење шасије.

Ова врста гибњева је веома погодна за огибљење теретних возила, те у принципу на њима налази главну примену.

Код путничких возила налазе примену као гибњеви задње осовине или попречнигибањ предње осовине.

Усавршавањем инжињера и напредовање технологије и индустрија је напредовала, а самим тим нађена су и боља решења система еластичног ослањања и лиснате гибњеве су заменили торзиони штапови и амортизери са вођицама, бар код аутомобила, а код теретних возила се користе и даље...

Литература

- [1] Драган Ружић, Основи моторних возила, Факултет техничких наука, Департман за механизацију и конструкционо машинство, Нови Сад, 2010
- [2] Иван Филиповић, Мотори и моторна возила, Машински факултет, Тузла, 2006
- [3] Александар Стефановић, Друмска возила, Машински факултет, Ниш, 2010
- [4] Heinz Heisler, Advanced Vehicle Technology, London, 2002
- [5] Helmut Stoll, Engineering Principles, Boston, 2001
- [6] Р. Кнор, Машински факултет, Пројектовање и конструкција моторних возила, Сарајево, 2005
- [7] Борис Обсиегер, Елементи стројева 1, Технички факултет, Ријека, 2001
- [8] Дамир Јеласка, Елементи стројева, Електротехнички факултет, Сплит, 2005
- [9] Јасна Глишовић, Конструкције и прорачун МВМ(предавања), Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2013