

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Друмски саобраћај

Предмет: Моторна возила 1

Број индекса: 97/2009

Веселинка М. Јокић

**Утицај конструктивних карактеристика возила на
ефикасност кочења**

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Јованка Лукић, проф. - ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да

Опише и анализира:

- ~ принципе функционисања кочионог система путничких моторних возила,
- ~ конструктивна решења,
- ~ утицај конструктивних параметара возила на ефикасност кочења
- ~

Препоручена литература:

[1] Демид М., Лукић Ј.: Теорија кретања моторних возила, Машински факултет у Крагујевцу, 2011

[2] Стефановић А.: Друмска возила - основи конструкције -Центар за моторе и моторна возила Машинског факултета у Нишу и Центар за безбедност Машинског факултета у Крагујевцу, 2010.

[3] Н. Јанићијевић, Д. Јанковић, Ј. Тодоровић „ Конструкција моторних возила“, Машински факултет Београд, 1987 година

[4] Иван Филиповић : Мотори и моторна возила, Машински факултет Универзитета у Тузли Тузла, 2006

Крагујевац, 01.06.2012.

ментор:

Др Јованка Лукић, проф.

Садржај

Резиме	5
Увод	6
1. Систем за кочење	7
2. Градња кочних система	9
3. Кочиони механизам	12
3.1. Фрикциони кочиони механизам у точку	13
4. Систем за активирање кочионог механизма (преносни механизам)	17
4.1. Механички систем	17
4.2. Хидраулични систем	18
4.3. Ваздушни (пнеуматички) систем	20
5. Трајни успоривачи моторних возила-допунски кочиони систем	21
5.1. Лептир моторна кочница- трајни успоривач	22
5.2. Мотор-компресор- трајни успоривач	24
5.3. Електро-магнетна кочница- трајни успоривач	25
5.4. Хидродинамичка кочница- трајни успоривач	26
6. Серво-уређај за кочење	27
7. Стабилност возила при кочењу	28
8. Ефикасност кочења	31
8.1. Кочионе силе и њихове граничне вредности	32
8.2. Одређивање граничног успорења	34
8.3. Пут кочења	35
8.4. Време кочења	36
8.5. Критична брзина при кочењу моторног возила	36
9. Пример модела за анализу утицаја конструктивних параметара на ефикасност кочења возила	38
Закључак	50
Литература	51

Резиме

У овом раду је објашњен принцип функционисања система за кочење путничких моторних возила. Дат је детаљан приказ: кочионог механизма (кочнице), преносног механизма, допунског кочионог система, стабилност возила при кочењу, ефикасности кочења... Утицај конструктивних параметара возила на ефикасност система за кочење детаљно је разматран.

Кључне речи: систем за кочење, кочница .

Abstract

Operation principle of vehicles braking system is explained in this paper. Parts of braking system: foundation brakes, transfer mechanism, additional brake system, vehicle stability during braking process, braking efficiency, etc.... The effect of brake design parameters on the efficiency of vehicle braking system is considered in detail.

Keywords: brake system, brake.

Увод

Кочење возила је процес који се врши са циљем да се возило успори или заустави. Уређај којим се врши кочење је цео низ склопова, елемената и посебних уређаја, тако да сви целокупно представљају систем за принудно смањење брзине, односно кочење. Уколико на возило делује нека погонска сила, кочење може да буде и при константној брзини, на пример кочење на низбрдици, где је гравитациона сила уствари погонска сила. Систем за кочење је уједно и уређај за безбедност возила, тако да се кочне особине возила могу посматрати и са тог аспекта. [2] Са аспекта безбедности саобраћаја, уређај за заустављање је један од најважнијих уређаја на моторном возилу. Задатак уређаја за заустављање је веома комплексан, а да се такви захтеви испуне, на возилу се уграђују кочиони системи:

- Радна кочница,
- Помоћна кочница,
- Паркирна кочница.

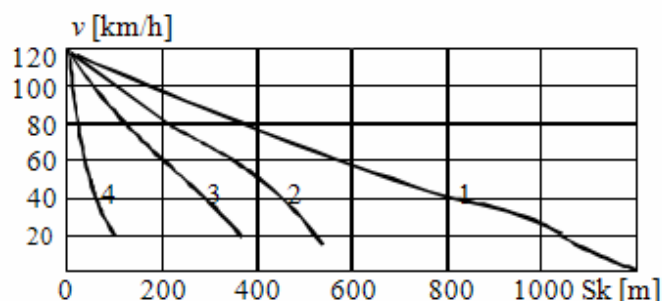
Возач, ногом делује на команду и на тај начин се реализује кочење. Активирањем система за кочење настаје трење између покретних и непокретних елемената кочнице. Кинетичка енергија возила се претвара у топлотну енергију, која се ослобађа због радне силе трења непокретних и покретних елемената извршног механизма кочнице. Остварени момент кочења зависи од ангажованог момента силе пријањања између пнеуматика и подлоге. [4]

Захтеви у погледу кочних својстава моторних возила се непрекидно пооштравају, увођењем све строжијих захтева, која возила морају да задовоље у погледу кочних параметара. Захтеви се првенствено односе на максималну вредност пута кочења и минималну вредност оствареног успорења. Да би се то задовољило, пројектант мора предвидети поуздане, квалитетне и стабилне карактеристике кочних система, јер су оне у директној вези са кочним параметрима возила. [1]

1. Систем за кочење возила

Основни услов који у односу на безбедност саобраћаја треба да испуни сваки кочиони систем јесте да уз максималну могућу ефикасност не угрози стабилност кретања и управљивост возила при кочењу. Ово ће бити остварено само у случају када се при кочењу не угрози основна функција точка-његово котрљање по подлози.

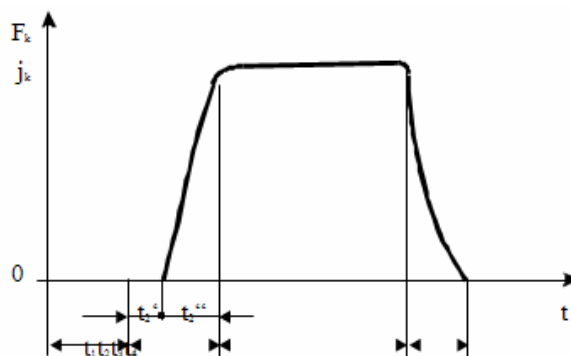
Ако се кочи точкак који се креће по подлози, тада се између точка и подлоге појављује кочиона сила чији је правац супротан правцу кретања точка. Кочиона сила F_k , сила отпора ваздуха и отпора котрљања (котрљање по равном путу) омогућавају заустављање возила при кочењу. Ако је $F_k=0$ заустављање возила се дешава под дејством сила отпора ваздуха и отпора котрљања чији је ефекат незнатан (слика 1- крива 1). [4]



Слика 1. Зависност кочионог пута од начина кочења[4]

Приликом кочења без искључивања трансмисије отпор обртања точкова се повећава на рачун момента отпора мотора и повећаних отпора у трансмисији. При кочењу мотором знатно се скраћује пут возила до потпуног заустављања (слика 1-крива 2). Ефекат кочења још више расте ако се повећа момент отпора на вратилу мотора. Овај ефекат се постиже ако се искључи рад мотора и тада мотор ради као компресор (слика 1- крива 3).

Најбољи ефекат кочења се добије коришћењем посебног система за кочење возила који дејствује непосредно на точкове или на једно од вратила трансмисије, који остварује знатну кочиону силу F_k (слика 1- крива 4). Ако се размотри процес кочења, који се остварује системом за кочење, на основу дијаграма кочења (слика 2) који представља зависност силе кочења F_k од времена, тј. $F_k = F_k(t)$ или $j_k = j_k(t)$ где је j_k -успорење, процес кочења се може анализирати по фазама. Као почетак посматрања узео се тачка 0 када је возач примио сигнал „кочити“. [4]



Слика 2. Дијаграм кочења возила [4]

За време t_1 долази до извршавања примљеног сигнала, тј. до покретања ноге ка педали и савладавање зазора у кочионом систему. Време $t_1=0,2-1,5$ s и назива се „време реакције возача“ и зависи од индивидуалних особина и квалификације. Време t_2 у току кога долази до појаве кочионе силе у максималном износу може се посматрати као збир времена t_2' , које одговара одзиву кочионог система (од почетка радног хода педале кочнице до појаве кочионе силе на точковима) и времена t_2'' које дефинише пораст кочионе силе до њене граничне вредности. У зависности од система за активирање кочионог механизма $t_2'=0,02-0,05$ s (код хидрауличног система и $t_2'=0,2-0,5$ s и више (код пнеуматског система) и $t_2''=0,2$ s (хидраулични) и $t_2=0,5-1,0$ s (пнеуматски). Време t_4 назива се време откочивања и износи $t_4=0,2-2,0$ s, доња граница одговара хидрауличном систему, а горња пнеуматском. Из дијаграма се види да је за потпуно заустављање возила, од момента када је уочена опасност, потребно време $t_1+t_2+t_3$ док се ефективно кочење врши само у току времена t_3 , док у времену t_1+t_2 , возило практично задржава непромењену брзину кретања.

При кочењу возила могуће је остварити четири карактеристична режима:

- Кочење у случају изненадне опасности (нагло кочење),
- Нормално кочење,
- Делимично кочење,
- Кочење возила у стању мировања.

Приликом кочења у случају изненадне опасности, неопходно је обезбедити минимални пут кочења (максимално успорење) без губитака стабилности (заношења) возила. Кочење у случају изненадне опасности има веома велико значење јер одређује безбедно кретање, иако се употребљава веома ретко (3-5 % од укупног броја кочења). [4]

Нормално кочење има за циљ смањење брзине возила са нормалним успорењем које не утиче на удобност вожње. Овај режим кочења је највише заступљен у односу на укупан број кочења. Режим делимичног кочења са малим или средњим интензитетом користи се пре свега на терену са падом чије дужине могу бити од неколико стотина

метара до неколико километара. Кочење возила које се налази у стању мировања мора обезбедити да возило стоји неограничено дуго на таквом успону који се може савладати у најнижем степену преноса.

Кочиони систем мора испунити одређене услове као:

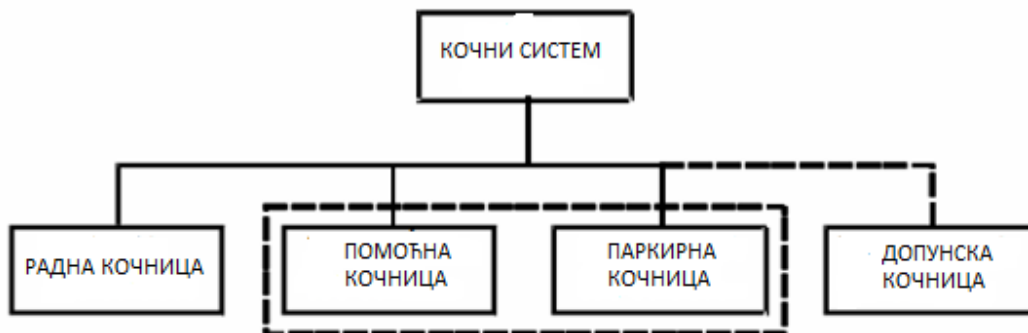
- Обезбеђење минималног пута кочења или максимално могућег успорења при наглом кочењу. Да би се овај услов испунио мора се обезбедити: кратак одзив кочионог система на команду, истовремено кочење свих точкова и потребна прерасподела кочионих сила по мостовима.
- Обезбеђење стабилности возила при кочењу.
- Обезбеђење потребног комфора путника при кочењу. За овај услов потребно је обезбедити равномеран пораст кочионе силе који је пропорционалан притиску на педалу.
- Обезбеђење доброг функционисања кочионог система и при учесталом кочењу, што је везано са добрим одвођењем топлоте, пошто у том случају не долази до знатнијих промена коефицијената трења између облога и добоша.
- Дуг век трајања.
- Сигуран рад без обзира на услове експлоатације. Овај захтев је испуњен ако на возилу постоје два или више кочионих система, који дејствују независно један од другог или ако постоји више система за активирање кочионог механизма независних један од другог. [4]

2. Градња кочних система

Због комплексности задатака и оштрине захтева, кочни системи представљају сложене системе, састављене из више подсистема, који обједињују већи број склопова и елемената. Најшире посматрано, кочни систем има следеће основне делове или подсистеме:

- Радна кочница,
- Помоћна кочница,
- Паркирна кочница и
- Допунска кочница-успорач.

Ова основна структура кочног система шематски је приказана на слици 3.



Слика 3. Структура кочног система [4]

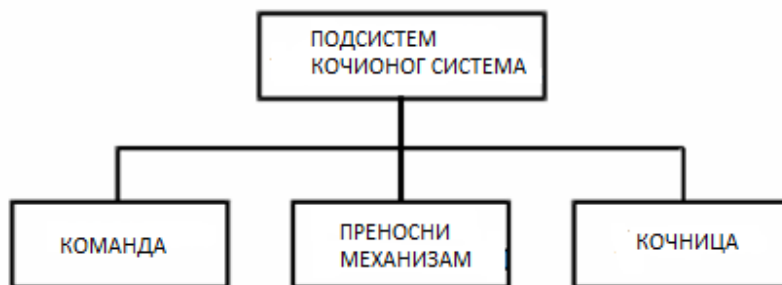
Радна кочница преузима извршавање најважнијих задатака кочних система, односно кочење возила максималним успорењима и сва блажа, краткотрајна кочења, у нормалним условима кретања. Она представља најважнији део кочног система, коме се обраћа посебна пажња.

Помоћна кочница се уводи искључиво ради повећања безбедности возила у саобраћају, односно у циљу остваривања веће поузданости кочионог система. Њен задатак је да обезбеди могућност кочења возила и у случају да дође до отказа у подсистему радне кочнице. Прописи дозвољавају да перформансе помоћне кочнице буду у одређеном степену ниже него радне кочнице.

Паркирна кочница, има задатак да обезбеди трајно кочење возила у месту, тј. паркирно кочење. Уколико се ова кочница активира и при кретању возила, што се најчешће и ради, паркирна кочница може да преузме и задатке помоћне кочнице, што је на слици приказано као један исти подсистем.

Допунска кочница или успорач је намењен благом, дуготрајном кочењу, при кретању возила на дужим падовима. Њена примена је намењена возилима већих укупних маса. Сваки од наведених подсистема, структурно се решава на исти начин, тј. укључује исте функционалне компоненте (слика 4): [4]

- Команда,
- Преносни механизам и
- Кочница.



Слика 4. Подсистеми кочионог система [4]

Ово се односи и на прикључна возила.

Команда служи за активирање одговарајућег подсистема. Сваки подсистем мора да има своју команду, постављену тако да возач лако може да је активира. Команда радне кочнице је изведена као папучица која је постављена непосредно испред седишта возача, тако да возач може да је активира не скидајући руке са волана. За помоћну и паркирну кочницу команда је обично ручна, постављена уз седиште возача, тако да при њеном активирању возач једну руку може да држи на волану. Када су помоћна и паркирна кочница решене конструкцијски јединствено, онда и њихова команда је једна иста ручица. Команда допунске кочнице је најчешће ручна, али се често изводи и као ножна.

Преносни механизам има задатак да добијени импулс од команде пренесе до извршних органа-кочница. Ово је битна функција кочног система, која знатно утиче на укупне перформансе возила у погледу кочења. Испуњење ових задатака је сложено, посебно код радне кочнице возила великих укупних маса. Преносни механизми кочних система решавају се на различите начине. У основи постоје три принципијална решења (слика 5):

- Преношење енергије возача,
- Преношење енергије возача уз делимично коришћење спољног енергетског извора и
- Преношење енергије из других, тј. спољних извора, а на основу импулса који потичу од возача.



Слика 5. Преносни механизми[4]

Уобичајено је да се прва решења називају преносни механизми без серво дејства, друга са серво-појачањем, а трећа са потпуним серво-дејством. [4]

Према врсти преносних елемената, преносни механизми могу бити:

- Механички,
- Хидраулички,
- Пнеуматички и
- Комбиновани.

3. Кочни механизам

Основни задатак кочнице је да оствари потребни кочиони момент. Да би се овај задатак извршио, потребно је да се на педалу кочнице делује одговарајућом силом, тако да се оствари потребно трење у извршном органу кочнице. Величина силе трења зависи од конструкције кочница и због тога се у литератури користи параметар, који се назива *карактеристика кочнице*. Карактеристика кочнице је одређена изразом:

$$c = \frac{F_T}{F_a} \quad (3.1)$$

Где су:

F_T -остварена сила трења и

F_a -сила потребна за активирање кочнице.

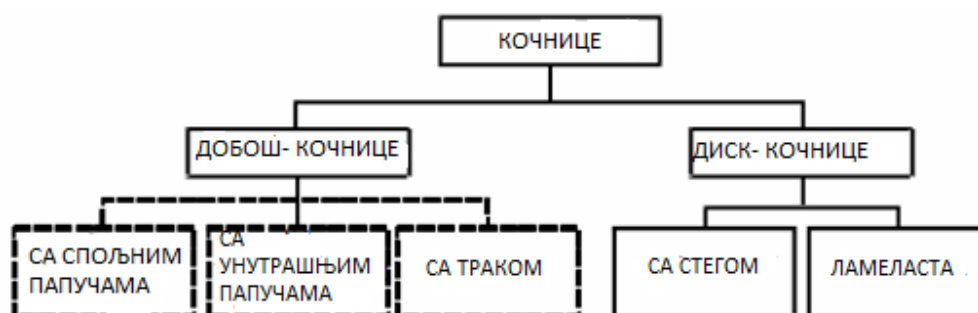
Карактеристика кочнице се може добити експерименталним или прорачунским путем. [1]

Постоји више начина остваривања кочионог момента и то: механичким трењем, унутрашњим трењем у течности, електродинамичком индукцијом и стварањем отпора ваздуха. Код моторних возила се најчешће кочиони момент остварује механичким трењем. На тешким теретним возилима и аутобусима примену налазе тзв. моторне кочнице које при активирању затварају издувну цев, истовремено одузимају гориво и мотор тад ради

као компресор (стварањем отпора ваздуха), и кочице које раде на принципу електродинамичке индукције, а које се обично постављају на једно од карданских вратила трансмисије. Кочиони момент, који се остварује унутрашњим трењем у течности користи се код хидродинамичких кочица. Пошто се код фрикционих кочних механизма кинетичка енергија путем трења претвара у топлотну, па се кочиони добош мора конструисати тако да има могућност доброг одвођења топлоте. Фрикциони материјал који се поставља на папуче, мора такође бити отпоран на топлоту и имати одређену чврстоћу. У зависности од начина остваривања кочионог момента врши се подела и кочионих механизма. На моторним возилима најчешће су у употреби кочиони механизми који раде на принципу механичког трења. У зависности од места на које су постављени, могу се поделити на кочионе механизме у точковима и кочионе механизме који делују на трансмисију. [4]

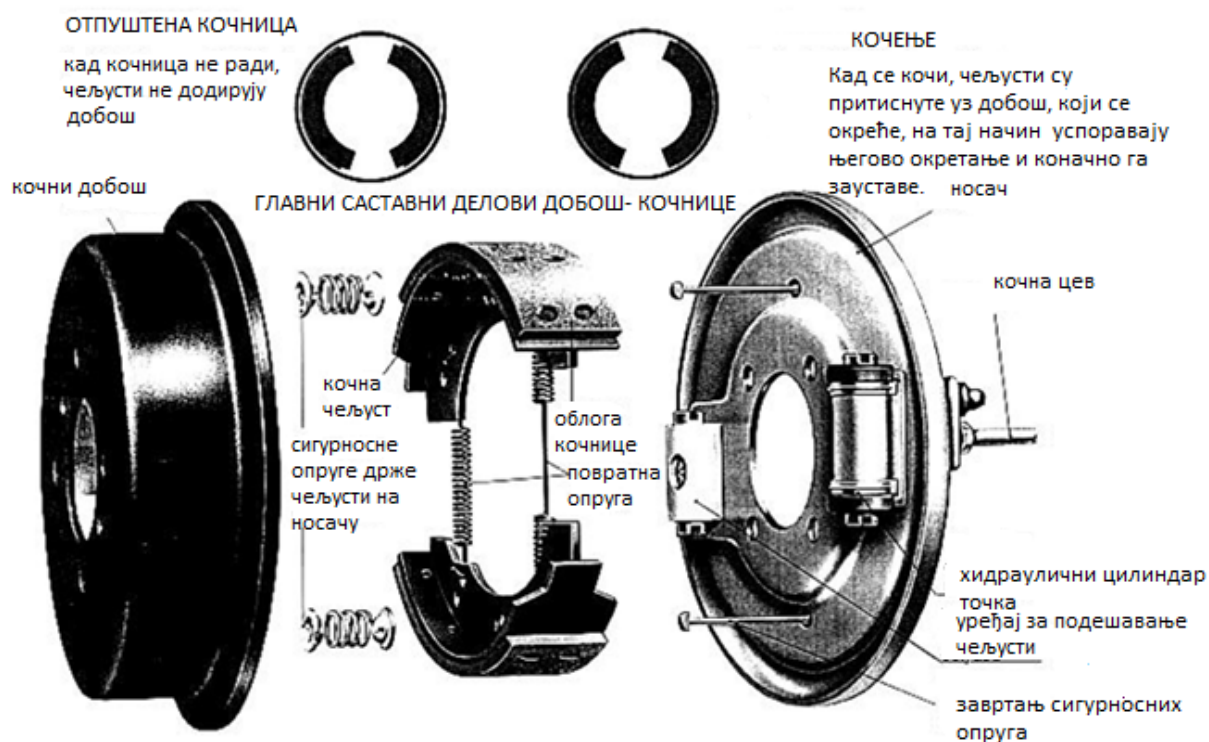
3.1. Фрикциони кочиони механизам у точку

Фрикционе кочице се могу поделити према изведби као на слици 6.



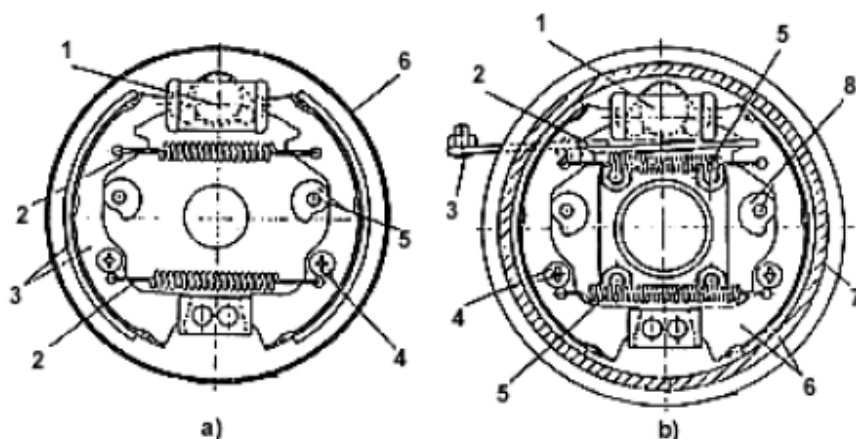
Слика 6. Подела фрикционих кочица [4]

Фрикциони кочиони механизам који се налази у точку ради на принципу трења које се остварује између кочионог добоша који је чврсто везан за точак (окреће се заједно са њим) и кочионих папуча које су постављене на носачу кочионих папуча, који је везан за мост. Основни делови фрикционе кочице (тзв. добош кочице) приказани су на слици 7.



Слика 7. Основни делови добош кочнице [4]

На слици 8 приказане су типичне конструкције предње (а) и задње(б) добош кочнице на путничким возилима. Активирање предње кочнице врши се у конкретном случају хидрауличним путем помоћу кочионог цилиндра (1) чврсто везаног за носач папуче (6). Тако се размичу папуче са залепљеним фрикционим облогама (3) и притискају уз добош, с тим што морају претходно савладати опруге.



а) предњи точак

- 1- кочиони цилиндар,
- 2- опруга,
- 3- фрикциони материјал и папуча,
- 4- држач,
- 5-ексцентар,

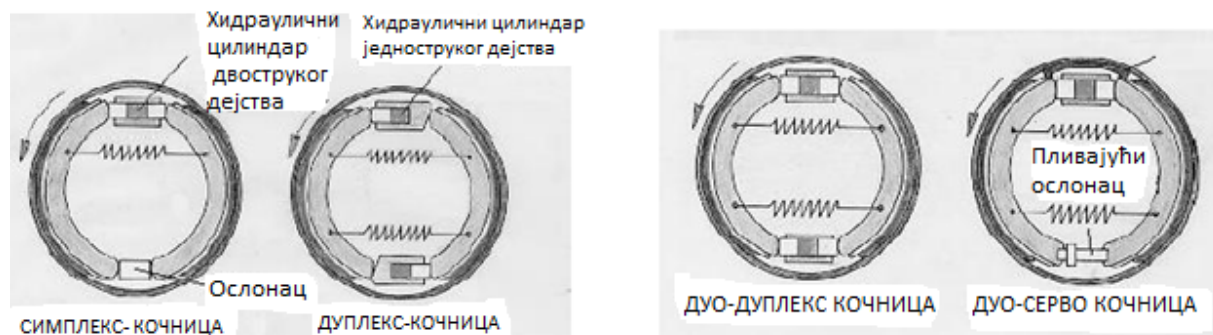
б) задњи точак

- 1- кочиони цилиндар,
- 2,3- елементи за механичко активирање кочнице,
- 4- држач,
- 5- опруге, 6- фрикциони материјал и папуча,
- 7- добош, 8- ексцентар.

Слика 8. Типичне конструкције добош кочнице [4]

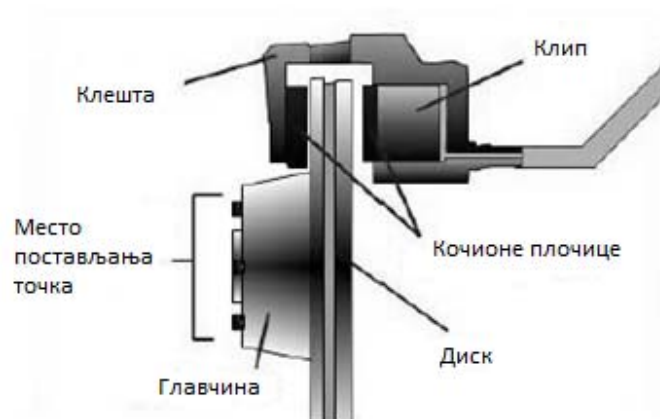
Активирање задње кочнице за радну кочницу је хидрауличким путем, а за паркирну кочницу механичким путем. На овој слици је и приказан у пресеку добош (7), кочиони цилиндар је и овде означен са (1), папуче са залепљеним фрикционим облогама су (6), повратне опруге (5), елементи за аксијално вођење папуча (4), а ексцентри за подешавање (8). Елементи (2) и (3) су делови механизма за механичко активирање папуча, за ручно, односно паркирно кочење.

Начини активирања папуча са фрикционом добош кочницом су врло различити. Са становишта врсте кочнице, броја хидрауличних цилиндара у пракси се сусрећу следећи типови кочница, као што су приказани на слици 9.

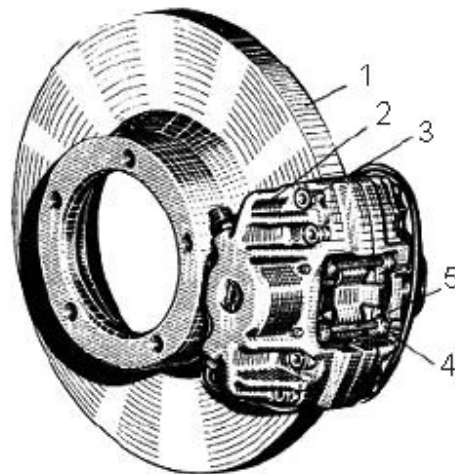


Слика 9. Типови добош кочница [4]

Код ових кочница проблем представља и подешавање папуча услед истрошености фрикционих елемената. Подешавање може бити ручно и аутоматско. Поред добош кочница често се користе и фрикционе кочнице са диском или диск кочнице. Принцип рада и основни елементи диск кочнице виде се на сликама 10 и 11.



Слика 10. Диск кочница- принцип рада [4]



1- Диск, 2- клешта, 3- стезни ваљци,
4- фрикционе плочице, 5-осигурачи плочице
Слика 11. Диск кочница- основни елементи [4]

Овде су поменуте само кочнице које се најчешће срећу у пракси и које се обично налазе на точковима возила. Поред овога повремено се сусрећу и решења кочионих механизма који делују на трансмисију. [4]

4. Систем за активирање кочионог механизма (преносни механизам)

Систем за активирање кочионог механизма служи да, приликом команде од стране возача, размакне кочионе папуче које се тада приљубљују уз добош или диск, те на тај начин врше кочење возила.

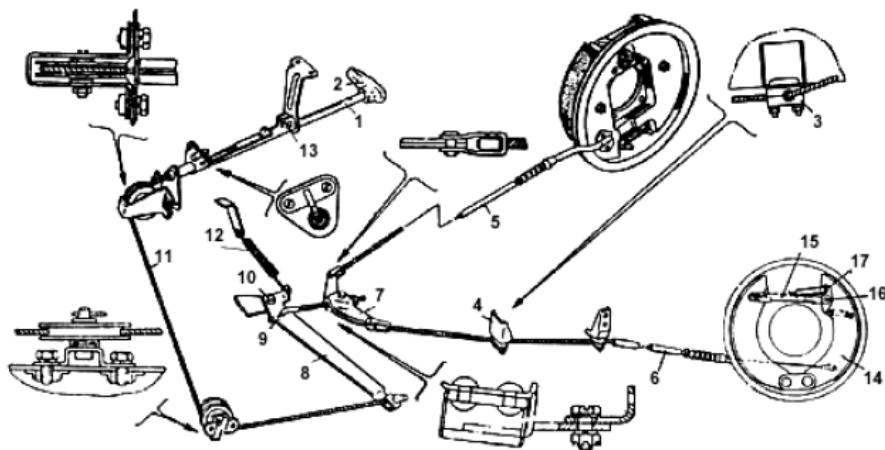
Према начину преноса команде до кочионих механизма системи за активирање се могу поделити на:

- Механички,
- Хидраулични,
- Пнеуматски и
- Комбиновани (хидромеханички, хидропнеуматски,...).

Код возила укупне тежине 40-50 kN довољна је енергија мишића возача да оствари кочиону силу у режиму наглог кочења, па се као систем за активирање обично користи хидраулични систем. Код возила укупне тежине 80-100 kN систем за активирање је обично комбинован: сила коју даје возач обично се повећава серво-уређајем који има посебан извор енергије (компримовани ваздух). Систем за активирање је обично хидраулични. Код ових возила се често сусреће и комбинација где је уређај хидраулични, а систем за активирање пнеуматски. [4]

4.1. Механички систем

Пренос силе од папуче до главног система (ножне кочнице) на коју делује возач до кочионог механизма код овог система врши се преко система полуга и челичних ужади. Да би се ужад заштитила проводи се кроз цеви. Овај систем је потпуно избачен као систем за активирање основног (главног) кочионог система, док је остао у употреби код готово свих система за активирање паркирних (ручних) кочница. Пример шеме механичке кочнице (помоћне и паркинг) дат је на слици 12 са свим елементима.

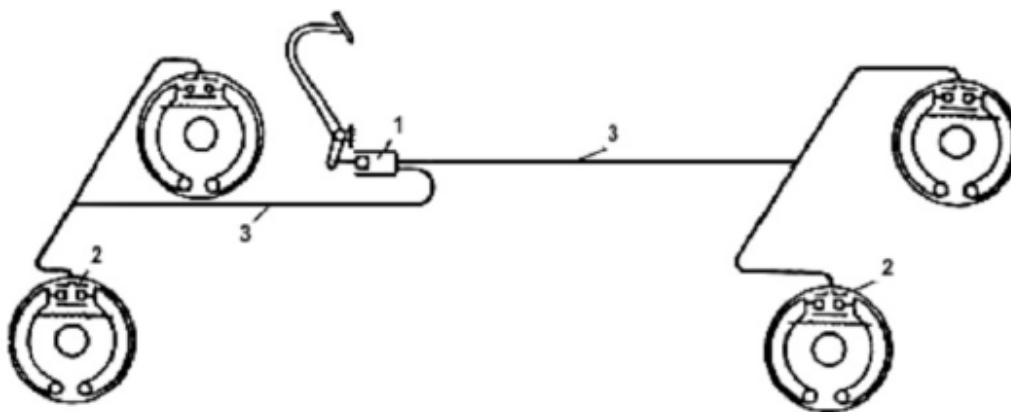


1-полуга, 2- ручица, 4-оквир, 5,6,11-челично уже, 7,8- двокрака полуга,9-спона, 10-зглоб полуге, 12-опруга, 13- завртањ, 14-полуга за активирање,15- потисна полуга, 16-зглобна веза потисне полуге и полуге за активирање, 17-зглобна веза папуче и полуге за активирање.

Слика 12. Механичка кочница (помоћна и паркинг) [4]

4.2. Хидраулични систем

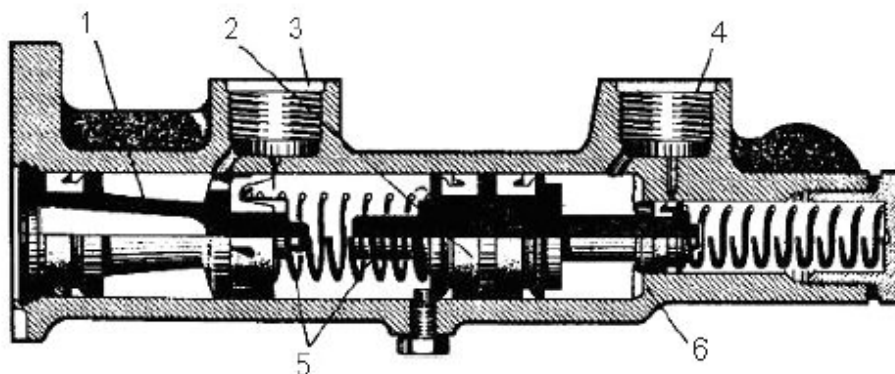
Код овог система пренос силе од педале ножне кочнице ка кочионим механизмима иде преко стуба течности који је затворен у цевоводима при чему је течност практично нестишљив флуид (слика 13). Рад система се базира на законима хидростатике а састоји се од главног кочионог цилиндра (1), радних цилиндара (2) и цеви (3).



1-главни кочиони цилиндар, 2-радни цилиндар, 3-цеви.

Слика 13. Шема хидрауличког система преноса [4]

Ако се делује одређеном силом на педалу ножне кочице, то се на све радне цилиндри преноси исти притисак и у зависности од пречника клипа у радном цилиндру, ствара се сила која врши размицање кочионих папуча. Изглед главног кочионог цилиндра дат је на слици 14.



1-клин, 2- међуклип, 3-напајање задњих точкова, 4- напајање предњих точкова, 5-испусти на клиповима, 6-належућа површина за међуклип.

Слика 14. Главни кочиони цилиндар [4]

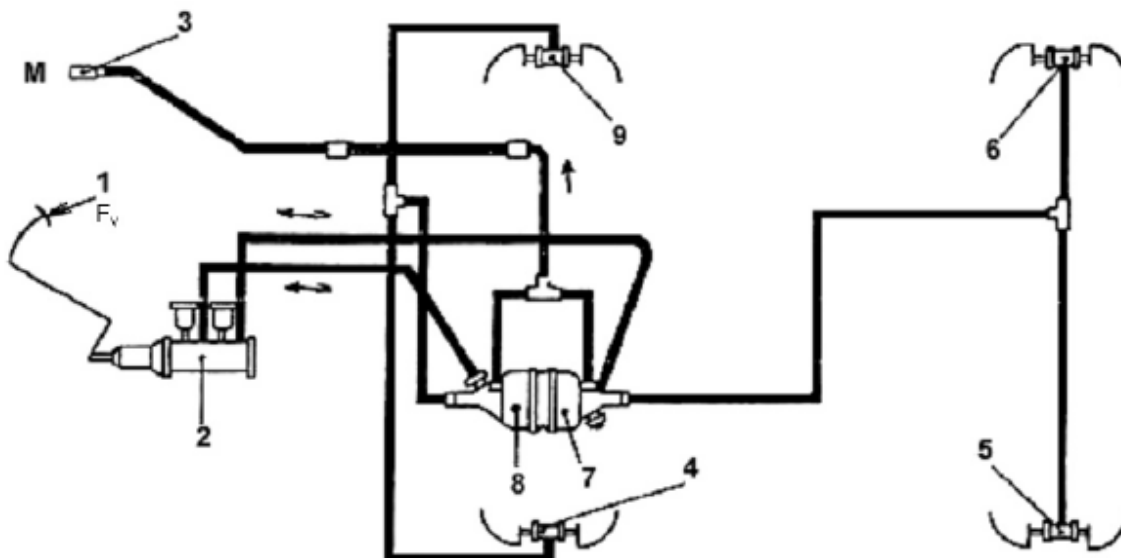
Основне предности хидрауличног система за активирање кочионог механизма су:

- Истовремено кочење свих точкова уз жељену расподелу кочионих сила како међу мостовима тако и међу папучама.
- Висок коефицијент корисног дејства.
- Могућност типизације кочионих механизма за возила са различитим параметрима.
- Једноставна конструкција система за активирање и мало време одзива система.

Основни недостаци су:

- Немогућност остварења већег преносног односа, па се због тога хидраулични систем активирања без серво уређаја користи само код возила са релативно малом укупном тежином.
- Немогућност функционисања уколико дође до оштећења цевовода. У последње време је ублажен код система који имају посебан довод за предњи и задњи мост (двокружни систем).
- Снижење коефицијента корисног дејства при ниским температурама (-30°C и ниже). [4]

Пример једног двокружног система хидрауличног преноса са серво-уређајима (7) и (8) као појачавач и главним кочионим цилиндром (2) као командним уређајем приказан је на слици 15.

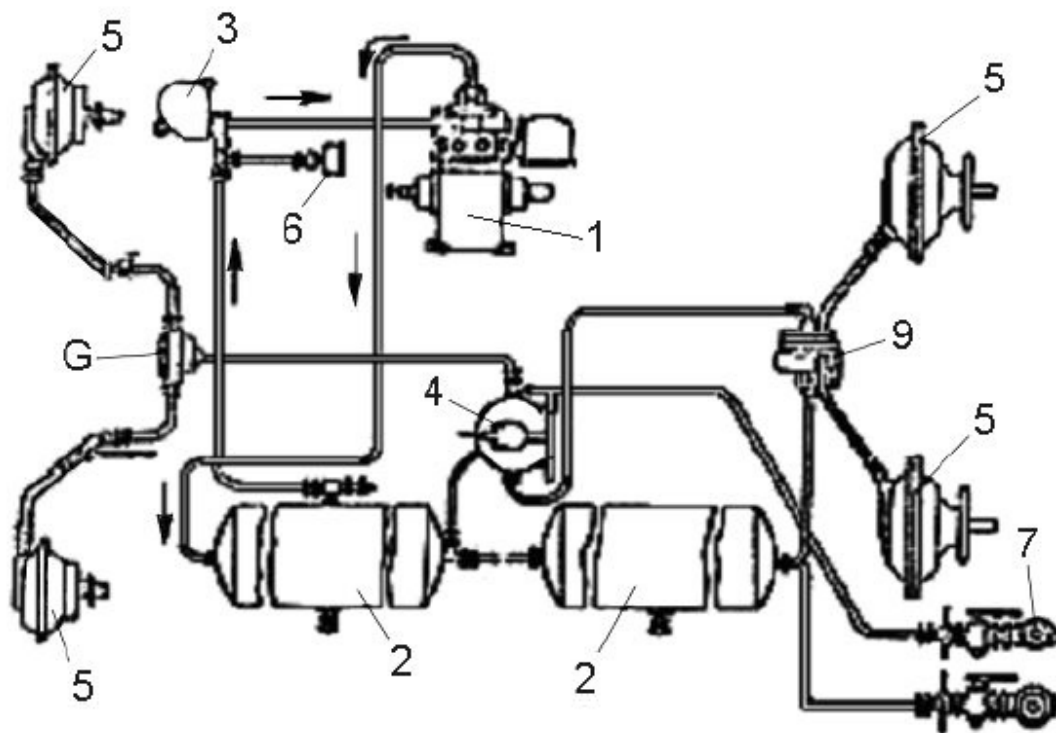


1-папуча кочице, 2-главни кочиони цилиндар, 3-прикључак уља за серво-појачивач, 4,5,6,9-радни цилиндри, 7,8-серво-појачало.

Слика 15. Двокружни систем хидрауличног преноса [4]

4.3. Ваздушни (пнеуматички) систем

Ваздушни систем за активирање кочионог механизма користи се енергијом сабијеног ваздуха. Возач при кочењу возила само регулише довод или излаз сабијеног ваздуха из делова система. Овај систем се примењује код тешких теретних возила и аутобуса. Притисак у инсталацији је од 5-7 бара. Системи који користе компримовани ваздух раде се у варијанти једнокружни или двокружни. Код једнокружних једноводних система сви точкови су на истом воду, а код двокружних могу независно да раде предњи и задњи део кочионе инсталације. У случају неког квара постоји могућност кочења точкова на једној осовини. Карактеристична шема ваздушног система дата је на слици 16. Пнеуматско-кочиони систем се састоји од 5 главних елемената који се виде на слици 16.



1-компресор, 2-резервоар, 3- регулатор притиска, 4-разводник, 5-кочионе коморе.

Слика 16. Пнеуматички систем кочионе инасталације [4]

5. Трајни успоривачи моторних возила-допунски кочиони систем

Развој моторних возила у смислу побољшања економичности кроз повећање носивости, паралелно је задовољењу активне безбедности у јавном саобраћају, што се у првом реду манифестује кроз кочиони систем.

Транспортна моторна возила већих маса, 10 t и више, имају изражен проблем вожње на путевима променљиве конфигурације, с обзиром на дуже време кочења при вожњи на низбрдици. Сила кочења управо је пропорционална маси возила и профилу пута при константној брзини вожње на низбрдици. Ако се овом дода и проценат успорења где на кочионим механизмима треба прихватити и део кинетичке енергије возила, онда се ови механизми налазе у врло одговорној функцији где треба велики део потенцијалне и кинетичке енергије претворити у рад сила трења, односно топлоту. Овај рад силе трења пропорционалан је дужини кочионог пута, који није кратак.

На основу напред реченог може се констатовати дасе у одређеним условима експлоатације моторног возила, требају интензивно користити кочнице на којима се ослобађа велика количина топлоте. Ослобођена количина топлоте која се треба пренети у

атмосферу, подиже температурно стање кочионих елемената. На овај начин доводи се у питање функционисање кочионих механизма радне кочице и поремећај у активној безбедности. Да се не би долазило у критичне ситуације, разрађени су механизми трајних успоривача који поуздано одржавају возило у квази стационарном режиму, при вожњи моторног возила на нибридици. [4]

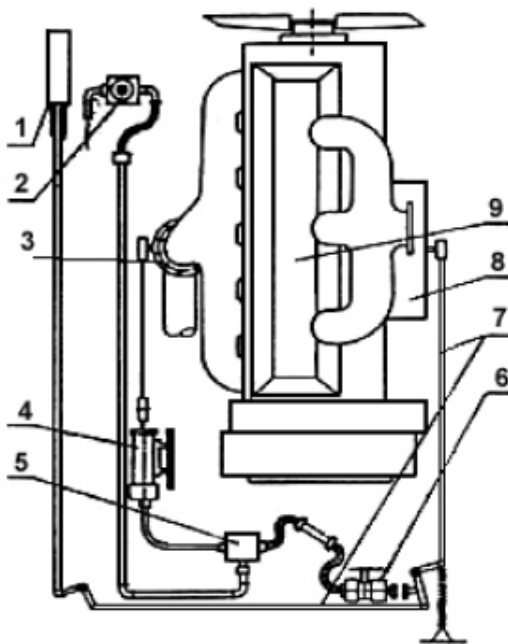
У зависности од укупне масе возила и одговарајуће ефикасности развио се већи број конструктивно различитих трајних успоривача:

- Лептир моторна кочица,
- Мотор-компресор трајни успоривачи,
- Електромагнетски трајни успоривачи,
- Хидродинамички трајни успоривачи.

5.1. Лептир моторна кочица-трајни успоривач

Лептир моторна кочица као трајни успоривач моторног возила при вожњи на нибридици има релативно једноставну конструкцију и ограничену експлоатациону употребу. Употребљава се код моторних возила мањих укупних маса.

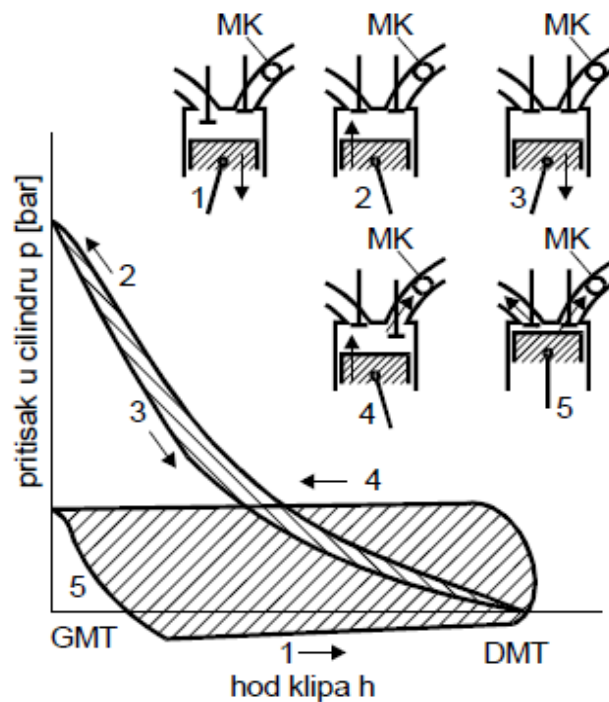
Системско решење ове кочице је приказано на слици 17. Преко усисно издувног вентила позиција (2), разводи се компримовани ваздух на пнеуматске цилиндри (4) и (6). Пнеуматски цилиндар (4) преко полужног механизма и лептира (3) затвара издувни колектор мотора. Тако се делимично рад мотора претвара у рад радне машине компресора.



Слика 17. Диспозиционо решење лептир моторне кочице [4]

Да би мотор могао радити као компресор неопходно је одузетин гориво мотору што је остварено преко пнеуматског цилиндра (6) и преносних полуга до пумпе високог притиска.

На овај начина дизел мотор се претвара у рад компресора који добија погон од потенцијалне и кинетичке енергије моторног возила које се креће на низбрдици одређеном брзином. Рад силе кочења од мотора дефинисан је индикаторским дијаграмом приказаним на слици 18, увећан за преносни однос у трансмисији и остварене унутрашње губитке. Рад силе кочења изражен преко средњег ефективног притиска индикаторског дијаграма на слици 18 није задовољавајући. Слабости које се показују код механизма лептир моторне кочнице, изражене су кроз ефективност кочења и промене техничког стања мотора. Испитивање кочионе ефективности, упућује на краће временске интервале употребе. Највећи ефекти успорења остварују се у првим моментима укључивања кочнице са трендом монотоног слабљења.



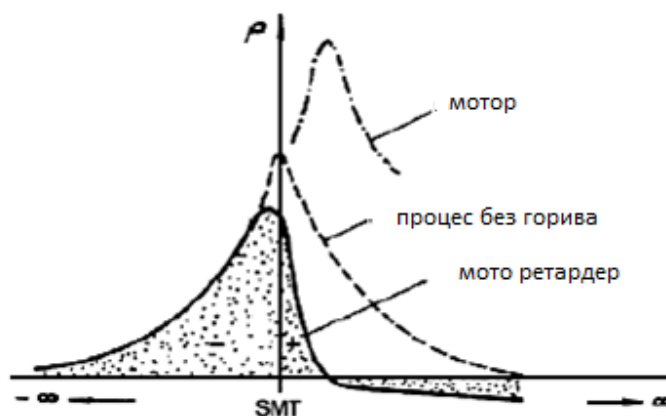
Слика 18. Индикаторски дијаграм мотора код употребе лептир моторне кочнице (МК) [4]

5.2. Мотор-компресор- трајни успоривач

Разрађена је нова конструкција моторне кочнице, та конструкција се базира на принципу претварања мотора као енергетске машине у компресор као радну машину, са извесним модификацијама. Да би се спречило међусобно поништавање тактова компресије и експанзије реконструисано је брегасто вратило мотора тако да се могу одвијати два различита процеса . Први процес, нормалног рада мотора као енергетске машине и други процес у коме се преко пнеуматског цилиндра и полужног механизма врши уздужно померање брегастог вратила и прави поремећај у процесу издувавања, преводећи га условно речено у компресор.

У овом положају моторне кочнице као трајног успоривача, брег брегастог вратила има следећу функцију. За време усисавања, издувни вентил је нормално потпуно затворен. За време компресије, издувни вентил је највећим делом затворен, да би се при крају компресије отворио за минималну вредност (2mm) и остаје отворен до краја експанзије, а онда наставља нормалан рад отварања код мотора.

На овај начина је искоришћен доведени рад мотору од потенцијалне енергије возила и дела његове кинетичке енергије. Рад кочења може се срачунати преко средњег ефективног притиска индицираног мотора или снимањем, путем испитивања. На овај начин добије се индикаторски дијаграм чији је карактер промене притиска приказан на дијаграму слике 19.



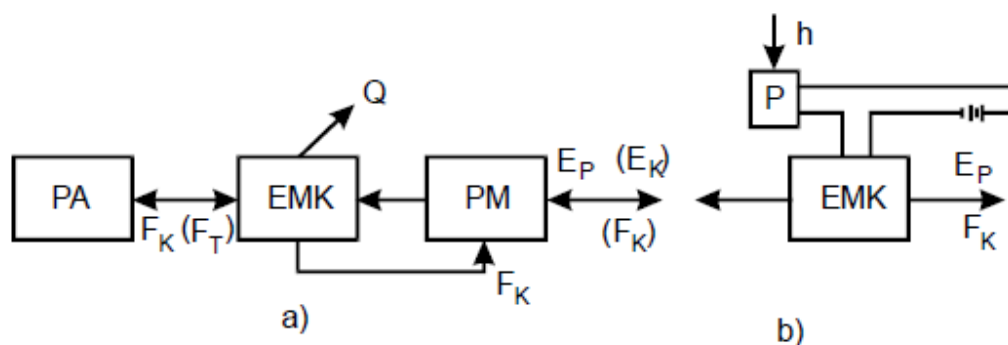
Слика 19. Карактер промене индикаторског дијаграма код мото-ретардера [4]

Негативан рад је рад кочења мотором, укључујући и механичке губитке у мотору и трансмисији. На основу изведених лабораторијских и експлоатационих испитивања, постигнуте су предности у активној безбедности, економичности у потрошњи горива и одржавања кочионих инсталација.

5.3. Електро-магнетна кочница- трајни успоривач

Електро-магнетне кочнице (произв. ТЕЛМА), могу се користити као трајни успоривачи теретних моторних возила средње класе. Ови агрегати се уграђују на преносна вратила између мењача и погонских мостова. На овај начин несметано пренесе обртни момент у једном и другом правцу, а по потреби кочења приликом укључивања, делују као трајни успоривачи.

Потенцијалну и кинетичку енергију мотоног возила претварају у топлоту која се одводи у околину, како је то показано на структурној шеми слике 20. А) Електромагнетна кочница делује на принципу Фукових струја, па у том смислу треба провести и електричну инсталацију, укључујући и механизам потенциометара за укључивање кочнице и избора степена интензитета кочења. Овај механизам је такође показан на структурној шеми слике 20 б).



РА-погонски агрегат са мењачем, ЕМК-електромагнетна кочница,

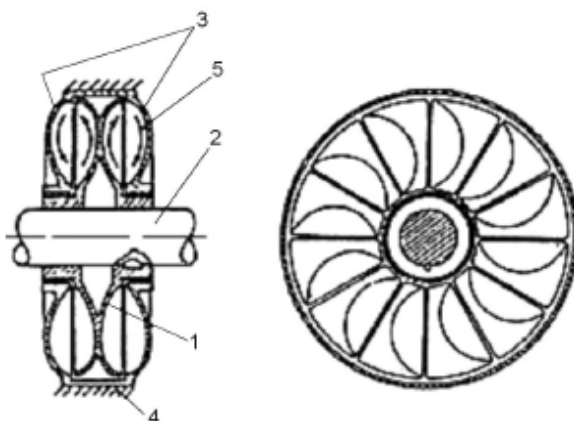
РМ-погонски мост, Р-потенциометар.

Слика 20. Механизам електромагнетне кочнице [4]

5.4. Хидродинамичка кочница-трајни успоривач

Тешка моторна возила специјалне намене као: кипери, дампера, скрепера и друга возила високе носивости и проходности, имају потребу за уградњом трајних успоривача већих снага. У том контексту потреба развијене су хидродинамичке кочнице као трајни успоривачи. Ови агрегати развијени су као посебни механизми који се могу доградити у трансмисије возила као што су позната решења фирме „АТЕ“, „VOITH“ и других, или су укомпоновани у хидродинамичке мењаче са хидродинамичким трансформаторима обртног момента, као што је случај код мењача Allison CLBT уграђени у дамперама КОСКУМ или VOITH DIWA – мењач серије D.

Принцип рада и извођења хидро-динамичких успорача приказан је на слици 21. На слици је дат успорач са два пумпна и два турбинска кола, с тим што су пумпна кола (1) везана за вратило (2), које је у вези са точковима возила, док су турбинска кола (3) везана за носећу структуру (4). У тако формиран радни простор доводи се, у случају потребе успоравања возила одговарајуће уље, односно, радни флуид (5).



Слика 21. Хидродинамички успоривач са два кола [4]

Захваљујући облику и радним угловима лопатица у оба радна кола (пумпи и турбини), јављају се одговарајући кочиони моменти, који се преко непокретног турбинског кола преносе на носећу структуру возила. Када престане потреба за успоравањем радни флуид се испушта из радног простора. Рад овог преносника на потпуном клизању очигледно је опет скопчан са генерисањем великих количина топлоте, па и са загревањем радног флуида. Да би овакав успоривач могао да ради на дужим периодима, неопходно је да се ова количина топлоте одведе, тј. да се обезбеди систем хлађења.

6. Серво-уређај за кочење

Овај уређај је дограђен на хидраулички систем кочнице и компатибилан је са кочионим системом. У случају било каквог квара на серво-уређају, хидраулички систем и кочиони систем у целини ће и даље радити. Код овога се мора дати посебно објашњење како не би дошло до забуне или погрешног разумевања. Испадом из функције серво уређаја, кочни систем ће и даље радити само ће ефикасност и комфор приликом кочења бити знатно слабији. Приликом кочења користимо врло малу силу кочења којом делујемо на педалу кочнице, то је само привидно јер се за осталу разлику у сили кочења стара серво-уређај.

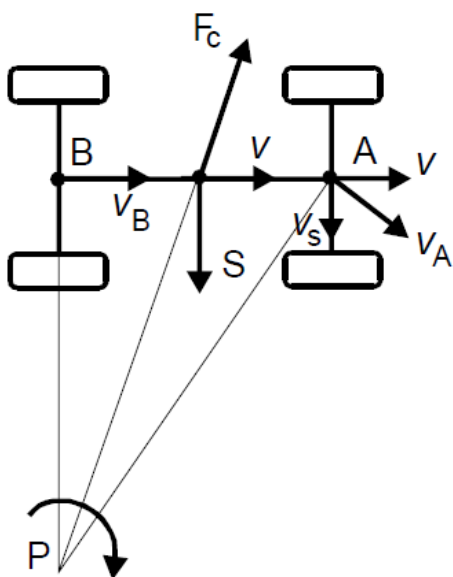
Његов задатак је да повећа силу којом делујемо на команду кочнице, да би успорили возило или га зауставили. Престанком рада серво-уређаја ће бити потребна много већа сила којом треба деловати на папучицу кочнице да би се остварио потребан ефекат кочења. Кочење без серво-уређаја најлакше се примећује када се у току вожње угаси мотор, у том тренутку биће потребна много већа сила на педали кочнице него када кочимо уз помоћ серво-уређаја. Серво-уређај за кочење је по принципу рада исти код бензинских и дизел мотора, разликује се само у једном детаљу, код бензинских мотора за стварање подпритиска није потребна вакуум пумпа (декомпресор) док је код дизел мотора наведени склоп неопходан за функционисање серво-уређаја, код бензинских мотора користи се подпритисак у усисном колектору.

Принцип рада серво-уређаја кочнице заснива се на стварању подпритиска на главну мембрану уређаја. Систем се активира већ при првом контакту са папучицом кочнице. У том тренутку на серво-уређај делују две силе у истом правцу и то сила с којом возач делује на педалу кочнице и сила коју ствара уређај под деловањем подпритиска. Серво-уређај је флексибилним цевним водом директно повезан с усисним колектором који је под сталним подпритиском све док ради мотор. Кварови на уређају су врло ретки, а ако се и појаве онда је проблем углавном пропуштање на прикључцима на самом кућишту уређаја или на усисном колектору. Оштећење главне мембране уређаја може настати и приликом пропуштања кочне течности из главног кочионог цилиндра, тада уље за кочнице директно улази у кућиште серво-уређаја и оштећује главну мембрану. [4]

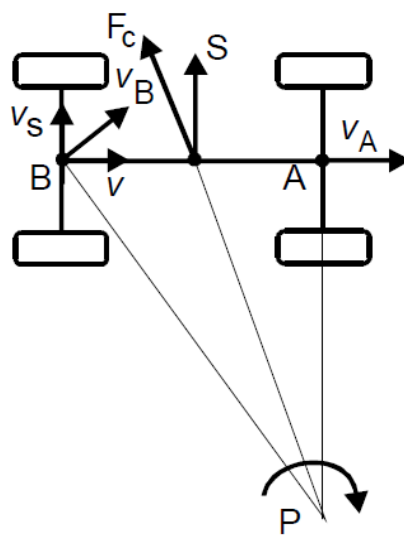
7. Стабилност возила при кочењу

Како је битно да се возило у одређеним условима безбедно заустави, исто толико је важно да у току кочења не изгуби своју стабилност, тј. да се креће по трајекторији којом жели возач. При снажним кочењима, возило често постаје нестабилно, што може да изазове тешке последице. Стабилност се губи када се кочење врши на граници пријањања на једној или обе осовине возила. На слици 22 приказано је возило код кога су блокирани точкови предње осовине и које се креће праволинијски основном брзином кретања V . Под дејством поремећајне силе S , тачка A ће добити компоненту брзине клизања V_s у правцу дејства поремећајне силе па ће сада резултујућа брзина тачке A бити V_A . Ако се претпостави да су точкови крути у бочном правцу, апсолутна брзина тачке B биће $V_B=V$. Возило се под дејством бочне поремећајне силе почиње кретати праволинијски, а место тренутног центра обртања је у тачки P . Као последица криволинијског кретања појавиће се центрифугална сила (F_c).

Са слике се види да је компонента центрифугалне силе нормална на подужну осу возила усмерена супротно од дејства поремећајне силе и она тежи да спонтано прекине заносење предње осовине. Основни проблем у овом случају је пошто су предњи точкови блокирани, возило губи управљивост.



Слика 22. Возило са блокираним
предњим точковима [4]



Слика 23. Возило са блокираним
задњим точковима [4]

На слици 23 је приказано возило које се креће праволинијски основном брзином V , код кога су блокирани точкови задње осовине. Под дејством поремећајне силе тачка В добија компоненту брзине клизања V_s у правцу поремећајне силе, па је апсолутна брзина тачке В сада V_B , а тренутни центар обртања је у тачки Р. Са слике можемо видети да бочна компонента центрифугалне силе делује у истом смеру као и поремећајне силе S па се клизање повећава.

На основу ове анализе, можемо закључити да је заносење задње осовине много опасније од заносења предње. Захтеви за високом ефикасношћу кочионог система са једне стране и стабилношћу и управљивошћу са друге су међусобно опречни. Висока ефикасност кочења представља потпуно искоришћење пријањања на обе осовине. За константну расподелу кочионих сила овај случај је могућ само код једног коефицијента пријањања. За све друге случајеве долази у процесу кочења прво до блокирања једне од осовина чиме се угрожава или стабилност или управљивост.

Управо због претходно наведеног, а у циљу повећања ефикасности кочења, уводе се различити типови уређаја за прерасподелу кочионих сила између предње и задње осовине. Регулисањем сила кочења на обе осовине обезбеђује се управљивост, стабилност и ефикасност.

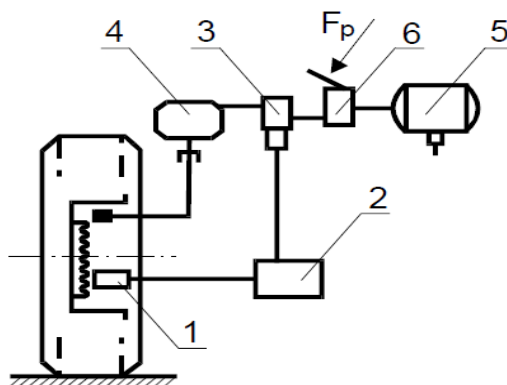
Уређаји који регулишу расподелу кочионих сила се могу поделити на:

- Уређаје за контролу расподеле кочионих сила са отвореним колом (коректори),
- Уређаји за контролу расподеле кочионих сила са затвореним колом (антиблокирајући уређаји-ABS).

Коректори раде на принципу ограничења притиска у инсталацији кочења (предњи део, задњи, цела инсталација) на бази:

- Унапред задатог притиска у инсталацији,
- Величине успорења,
- Оптерећења осовина,
- Успорења, нормалног оптерећења и притиска.

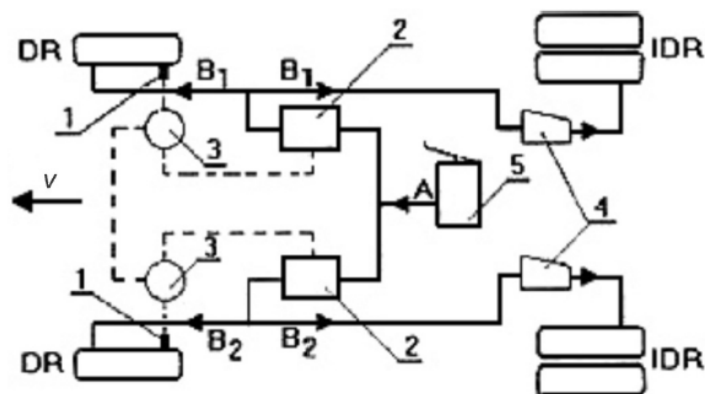
Наведени коректори се користе сами на возилима или у комбинацији са антиблокирајућим системом. Они имају релативно ограничене могућности и све више се користе уз обавезно присуство ABS-а. Шема ABS-а је дата на слици 24.



Слика 24. Шема антиблокирајућег система [4]

На шеми је приказано затворено регулационо коло које у свом саставу има следеће основне елементе: давач броја обртаја (1) који даје управљачкој јединици (2) сигнал угаоне брзине, на основу чега се одређује промена угаоне брзине точка. Управљачка јединица управља регулационим вентилом (3) тако да се у кочиони цилиндар точка (4) из резервоара (5), а на основу команде саопштене главном кочионом цилиндру (6), доводи притисак који је усклађен са расположивим условима пријањања. На овај начин, без обзира на команду возача (F_p), се спречава довођење таквог притиска у кочиони цилиндар који би довео до блокирања точкова.

На слици 25 је дат пример са два независна регулациона круга са директним регулисањем предњих точкова преко ABS-а и индиректног регулисања задњих точкова преко коректора.



DR- директно регулисан, IDR-индиректно регулисан, 1-давач броја обртаја, 2-регулациони вентил, 3-управљачка јединица, 4-коректор, 5-главни кочиони цилиндар.

Слика 25. Пример уградње ABS-а и коректора на једном возилу [4]

8. Ефикасност кочења

Кочне карактеристике возила зависе од коефицијента пријањања, чија се вредност током експлоатације може мењати у широким границама. Концепт ефикасности кочења је значајан за оцену перформанси возила.

Ефикасност кочења k_k се дефинише као однос оствареног успорења и коефицијента пријањања:

$$k_k = \frac{j}{\varphi} \quad (8.2)$$

Концепт ефикасности кочења је значајан параметар у току пројектовања возила. Дефинише се на бази прорачунских кочних сила, успорења, динамичких реакција тла у функцији притиска флуида у инсталацији.

Постоје и други параметри за оцену ефикасности кочења, често се примењује искоришћење коефицијента пријањања, који се дефинише, као:

$$\varphi_{ts} = \frac{K_i}{Z_i} \quad (8.3)$$

Где су:

K_i -остварена кочна сила на i -тој осовини и

Z_i -динамичка реакција тла на i -тој осовини.

Сила кочења се може изразити у функцији конструктивних параметара система за кочење возила, на тај начин се искоришћени коефицијент пријањања може дати у функцији тих параметара. Циљ је да се параметри система за кочење тако дефинишу да се максимално искористи расположиви коефицијент пријањања.

У пракси се за оцену ефикасности кочења често користи кочни коефицијент, који се дефинише као:

$$q = \frac{j}{g} \quad (8.4)$$

Где су:

j -остварено успорење возила и

g -убрзање земљине теже.

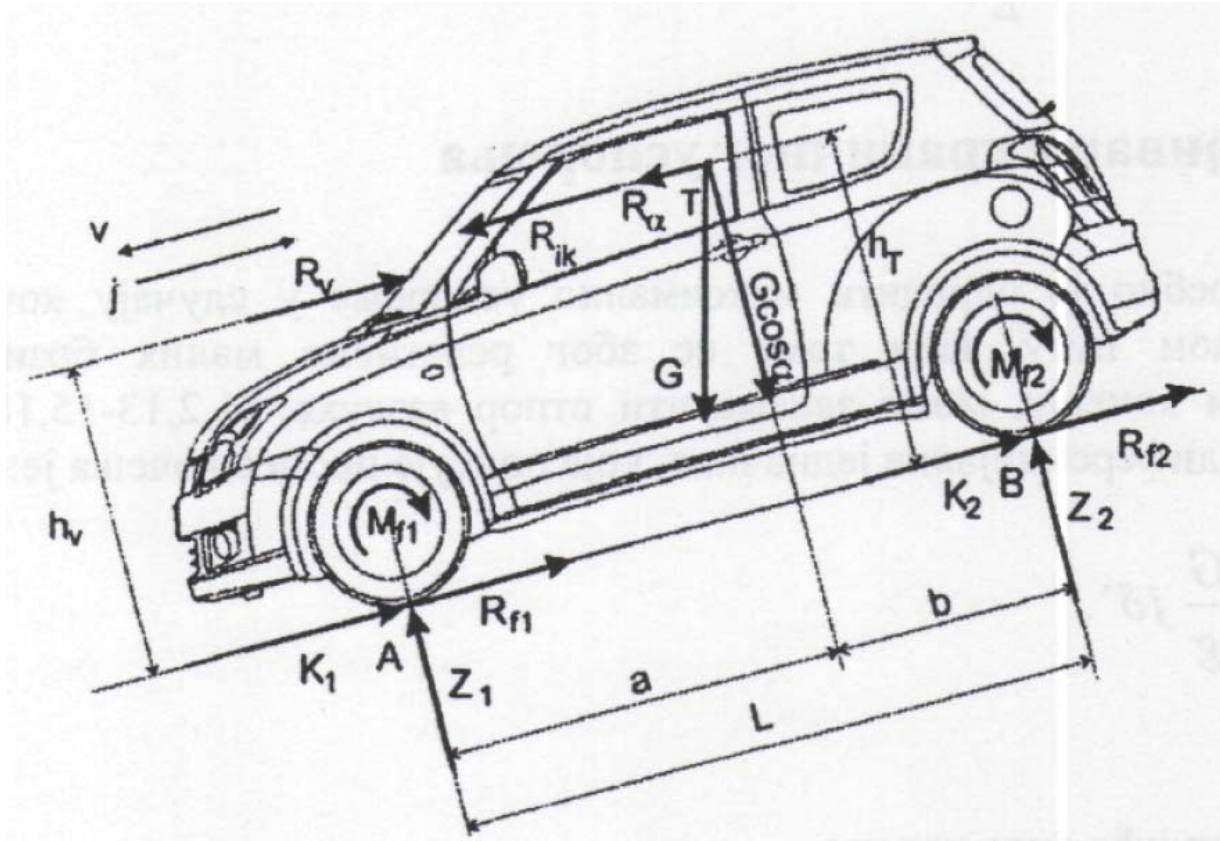
Кочни коефицијент се може изразити и на основу искоришћеног коефицијента пријањања:

$$q = \frac{K_k}{G} = \frac{\sum \varphi_{ts} Z_i}{G} \quad (8.5)$$

На основу кочног коефицијента се може извршити оцена утицаја појединих осовина у процесу кочења. [1]

8.1. Кочионе силе и њихове граничне вредности

Максималне вредности кочионих сила код моторних возила су једнаке силама пријањања. Да би их одредиле посматрамо слику 26.



Слика 26. Шема сила у процесу кочења моторног возила [1]

Из услова равнотеже момената следи:

$$\sum M_A^{F_i} = \sum M_B^{F_i} = 0 \quad (8.6)$$

добија се:

$$Z_1 = \frac{G \cos \alpha + h_T (R_{ik} - R_v + G \sin \alpha)}{L} \quad (8.7)$$

$$Z_2 = \frac{G \cos \alpha - h_T (R_{ik} - R_v + G \sin \alpha)}{L} \quad (8.8)$$

Трећи услов равнотеже, $\sum X_i = 0$, даје:

$$K_1 + K_2 + R_{f1} + R_{f2} = R_{ik} - R_v + G \sin \alpha \quad (8.9)$$

одакле се добија:

$$Z_1 = \frac{G \cos \alpha + h_T (K_1 + K_2 + G f \cos \alpha)}{L} \quad (8.10)$$

$$Z_2 = \frac{G \cos \alpha - h_T (K_1 + K_2 + G f \cos \alpha)}{L} \quad (8.11)$$

Можемо израчунати и граничне вредности кочионих сила у процесу кочења. [1]

-Кочење предњим точковима

У том случају је $K = K_1 = \varphi Z_1$, следи да је:

$$Z_1 = G \cos \alpha \frac{b + h_T f}{L - h_T \varphi} \quad (8.12)$$

$$Z_2 = G \cos \alpha \frac{a - h_T (\varphi + f)}{L - h_T \varphi} \quad (8.13)$$

-Кочење задњим точковима

Кочиона сила је дата изразом $K = K_2 = \varphi Z_2$ и вертикалне реакције тла су:

$$Z_1 = G \cos \alpha \frac{b + h_T (\varphi + f)}{L + h_T \varphi} \quad (8.14)$$

$$Z_2 = G \cos \alpha \frac{a - h_T f}{L + h_T \varphi} \quad (8.15)$$

-Кочење свим точковима

У овом случају је: $K = K_1 + K_2 = \varphi G \cos \alpha$,

одакле следи:

$$Z_1 = G \cos \alpha \frac{b + h_T (\varphi + f)}{L} \quad (8.16)$$

$$Z_2 = G \cos \alpha \frac{a - h_T (\varphi + f)}{L} \quad (8.17)$$

8.2. Одређивање граничног успорења

Потребно је одредити максимално успорење у случају кочења на хоризонталном путу. При томе се због релативно малих брзина при интензивном кочењу, може занемарити отпор ваздуха. У том случају диференцијална јеначина која описује кочење је:

$$K + R_f = \frac{g}{g} J \delta' \quad (8.18)$$

где су:

- K -резултујућа сила кочења,
- R_f -резултујућа сила отпора котрљању,
- J -успорење и
- δ' -коэффициент учешћа обртних маса у процесу кочења.

Посматрају се три карактеристична случајева кочења:

-Кочење предњим точковима

Имајући у виду граничну вредност кочионе силе и претходни израз, можемо израчунати гранично успорење:

$$J_{1max} = \frac{g b (\varphi + f L)}{\delta' (L - h_T \varphi)} \quad (8.19)$$

-Кочење задњим точковима

$$J_{2max} = \frac{g (a \varphi + f L)}{\delta' (L - h_T \varphi)} \quad (8.20)$$

-Кочење свим точковима

$$J_{4max} = \frac{g (\varphi + f)}{\delta'} \quad (8.21)$$

Закључујемо да се највећа вредност граничног успорења постиже, при максималном коефицијенту пријањања. С обзиром да се максимални коефицијент пријањања не јавља при блокираним точковима (када је $\omega_T = 0$), већ при делимичном проклизавању точкова, потребно је регулисати процес кочења. Због тога савремена моторна возила имају уграђене уређаје за спречавање блокирања точкова при кочењу ABS (Anti Lock Brake System). [1]

8.3. Пут кочења

Да би се одредио пут кочења, посматра се диференцијална једначина, која описује процес кочења:

$$K + R_f = \frac{g}{g} j \delta' \quad (8.22)$$

Заменом:

$$\sum R = R_f + R_a + R_v \quad (8.23)$$

у диференцијалну једначину добија се:

$$j = \frac{g}{\delta'} \frac{K + \sum R}{g} \quad (8.24)$$

Како је:

$$j = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{ds} \frac{ds}{dt} = v \frac{dv}{ds} \quad (8.25)$$

После одговарајућих математичких трансформација, може се добити пут кочења у облику:

$$S_k = \frac{\delta' g}{2Wg} \ln \frac{Z\varphi + Gf \cos \alpha \pm G \sin \alpha + Wv_1^2}{Z\varphi + Gf \cos \alpha \pm G \sin \alpha + Wv_2^2} \quad (8.26)$$

где су:

- $W=K \cdot A$ –смена за производ коефицијента отпора ваздуха и чеоне површине возила,
- Z – вертикална реакција тла,
- φ - коефицијент пријањања. [1]

Пут кочења до заустављања, добија се заменом $v_2 = 0$, односно:

$$S_k = \frac{\delta' g}{2Wg} \ln \left(1 + \frac{Wv_1^2}{B} \right) \quad (8.27)$$

где је:

$$B = \varphi Z + Gf \cos \alpha \pm G \sin \alpha \quad (8.28)$$

За случај кочења до заустављања возила на хоризонталном путу добија се :

$$S_k = \frac{2\delta' v_1^2}{g \varphi + f} \quad (8.29)$$

8.4. Време кочења

Време кочења се добија на основу диференцијалне једначине кочења и релације $f = \frac{dv}{dt}$. Након интеграције диференцијалне једначине, добија се израз за време кочења: [1]

$$t = \frac{G}{g\sqrt{BW}} \arctg \sqrt{\frac{W}{B} \frac{v_1 - v_2}{1 + \frac{W}{B} v_1 v_2}} \quad (8.30)$$

8.5. Критична брзина при кочењу моторног возила

Анализама је показано да под одређеним условима кочења на низбрдици није могуће заустављање возила. Брзина при којој се то дешава се назива *критична брзина при кочењу*.

Полазимо од диференцијалне једначине кочења возила при кочењу на низбрдици. При кочењу возило се не може зауставити, ако не постоји успорење, односно ако се возило убрзава, $f \geq 0$. На основу тога једначина

$$K + R_f = \frac{G}{g} J \delta' \quad (8.31)$$

у граничном случају добија облик:

$$K + R_f + R_v - R_\alpha = 0 \quad (8.32)$$

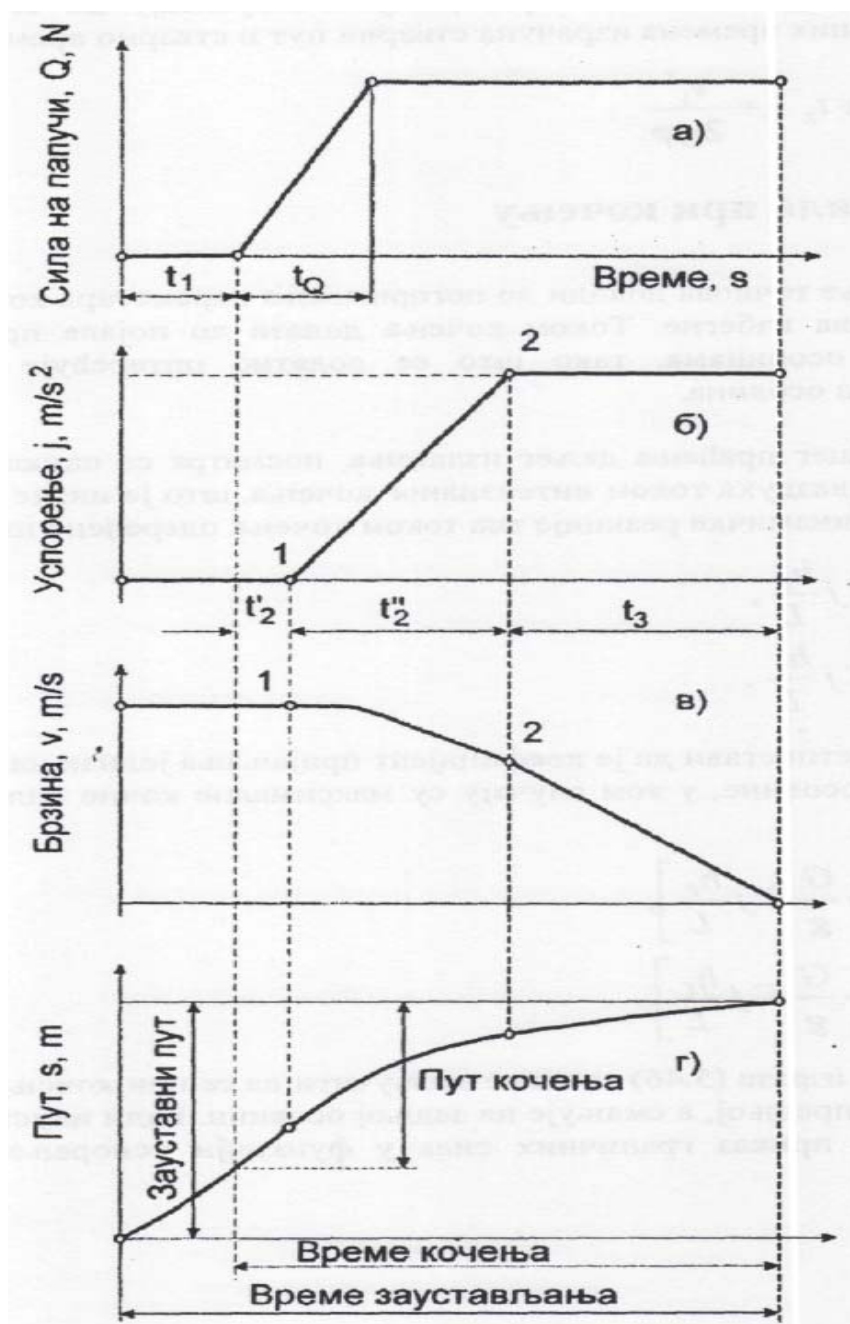
одакле следи:

$$v_{kr} = \sqrt{\frac{-Z\varphi - Gf \cos \alpha + G \sin \alpha}{HA}} \quad (8.33)$$

У случају кочења свим точковима, критична брзина се може написати у облику:

$$v_{kr} = \sqrt{\frac{G}{HA} [\sin \alpha - (\varphi + f) \cos \alpha]} \quad (8.34)$$

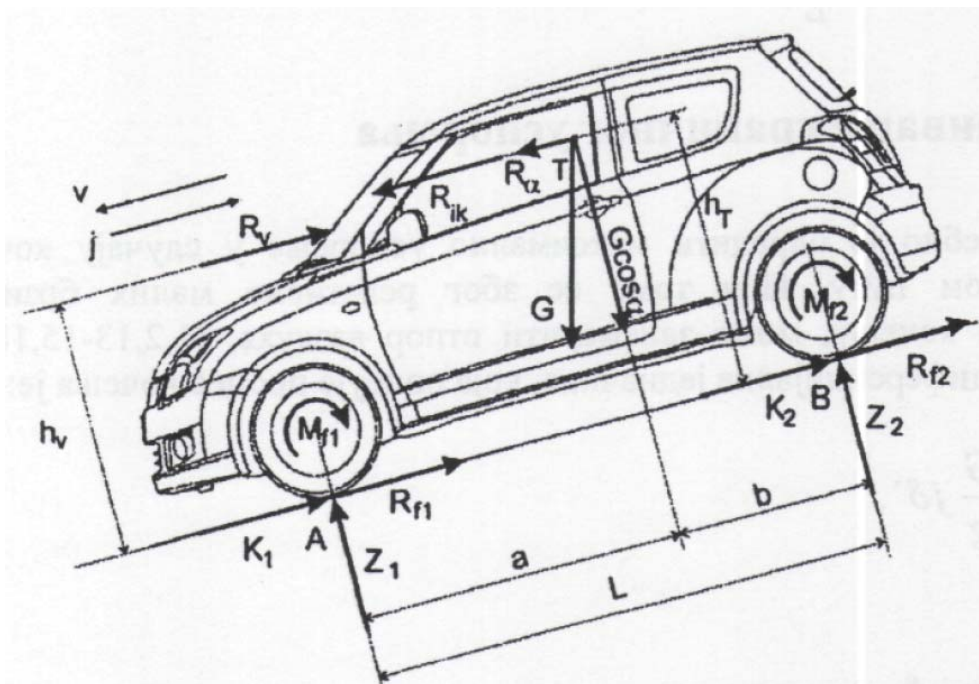
Пошто поткорена величина може имати и позитивну вредност, закључујемо да постоји критична брзина при кочењу. [1]



Слика 27. Стварни параметри кочења [1]

9. Пример модела за анализу утицаја конструктивних параметара на ефикасност кочења возила

Да би извршили анализу ефикасности кочења возила узимамо модел возила као што је приказан на слици 28.



Слика 28. Модел возила [1]

Прорачунски параметри модела су:

- укупна маса возила: $m = 1400$ [kg],
- осовинско растојање: $L = 2,4$ [m],
- положај тежишта у односу на предњу осовину: $a = 1,3$ [m],
- висина тежишта: $h_t = 0,45$ [m],
- коефицијент аеродинамичности: $W = 0,8$ [Ns²/m²],
- коефицијент пријањања: $\varphi = 0,8$ [/],
- коефицијент отпора котрљању: $f = 0,01$ [/],
- угао $\alpha = 20$ [°],

- Брзине: $V_1=72$ [km/h],

$$V_2=40$$
 [km/h].

У процесу анализе утицаја конструктивних параметара на ефикасност кочења модела варирани су различити параметри у односу на полазне параметре модела: положај тежишта, осовинско растојање, маса возила, коефицијент пријањања, висина тежишта,...

Користећи следеће једначине варираћемо конструктивне параметре возила и анализирати како њихове промене утичу на ефикасност кочења.

Према слици 28 кочионе силе на:

Предњим точковима су:

$$Z_1 = G \cos \alpha \frac{b+h_T f}{L-h_T \varphi} \quad (9.35)$$

$$Z_2 = G \cos \alpha \frac{a-h_T(\varphi+f)}{L-h_T \varphi} \quad (9.36)$$

Задњим точковима:

$$Z_1 = G \cos \alpha \frac{b+h_T(\varphi+f)}{L+h_T \varphi} \quad (9.37)$$

$$Z_2 = G \cos \alpha \frac{a-h_T f}{L+h_T \varphi} \quad (9.38)$$

Свим точковима:

$$Z_1 = G \cos \alpha \frac{b+h_T(\varphi+f)}{L} \quad (9.39)$$

$$Z_2 = G \cos \alpha \frac{a-h_T(\varphi+f)}{L} \quad (9.40)$$

Пут кочења:

$$S_k = \frac{\delta_k G}{2Wg} \ln \frac{Z\varphi + Gf \cos \alpha + G \sin \alpha + W V v_2^2}{Z\varphi + Gf \cos \alpha + G \sin \alpha + W v_1^2} \quad (9.41)$$

Време кочења:

$$t = \frac{G}{g \sqrt{BW}} \arctg \sqrt{\frac{W}{B} \frac{v_2 - v_1}{1 + \frac{W}{B} v_1 v_2}} \quad (9.42)$$

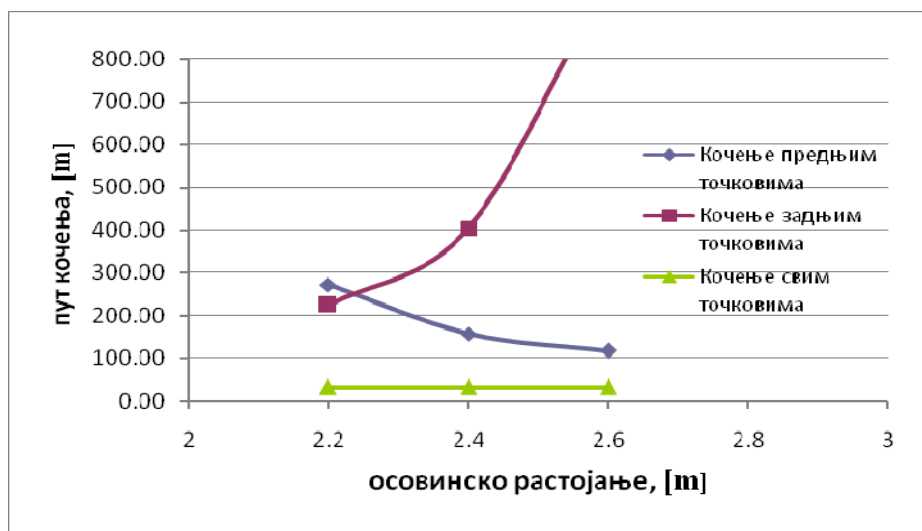
Критична брзина:

$$v_{kr} = \sqrt{\frac{-Z\varphi - Gf \cos \alpha + G \sin \alpha}{BA}} \quad (9.43)$$

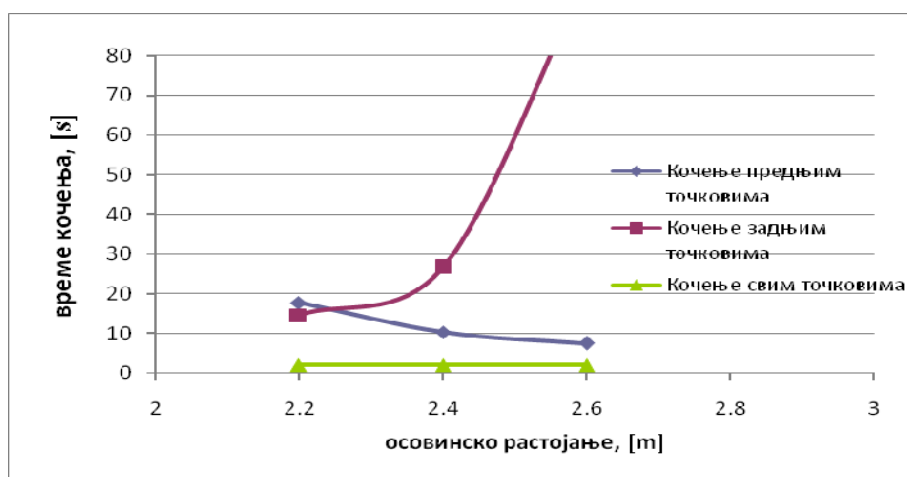
Варирање параметра осовинског растојања:

Табела 1. Варирање параметра осовинског растојања:

	$l = 2,2 [m]$	$l = 2,4 [m]$	$l = 2,6 [m]$
S_{k1} [m]	272,51	157,73	117,29
t_{k1} [s]	17,783	10,27	7,585
S_{k2} [m]	224,88	404,52	/
t_{k2} [s]	14,635	26,59	/
S_{k4} [m]	32,45	32,45	32,45
t_{k4} [s]	2,09	2,09	2,09
v_{kr14} [m/s]	/	/	/
v_{kr2} [m/s]	/	/	7,88



Слика 29. Приказ пута кочења у зависности од осовинског растојања



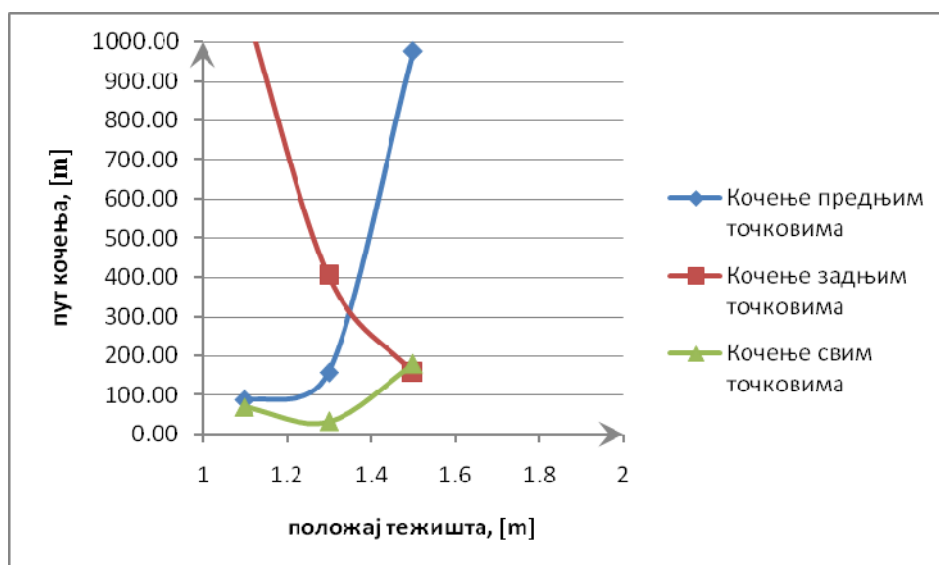
Слика 30. Приказ времена кочења у зависности од осовинског растојања

На основу табеле 1., односно са слике 29. и 30. Закључујемо да се код кочења предњим точковима, са повећањем осовинског растојања, смањује и пут и време кочења. За разлику од кочења предњим точковима, у случају када се кочи само задњим точковима, са повећањем осовинског растојања, долази до повећања пута и времена кочења, и они (пут и време кочења), због појаве критичне брзине теже бесконачности. Код кочења свим точковима, пут и време кочења за овај случај, без обзира на варирање параметра осовинског растојања остају константни. Што се тиче ефикасности кочења, најнеповољнији је случај кочења задњим точковима, а најповољнији је случај кочења свим точковима, јер су код њега пут и време кочења најмањи, што је и циљ ефикасности кочења.

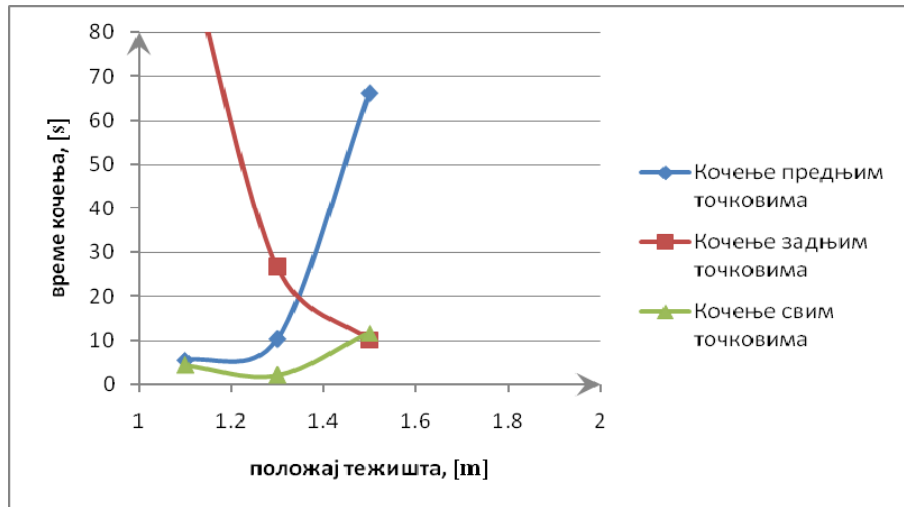
Варирање положаја тежишта:

Табела 2: Варирање положаја тежишта:

	$\alpha = 1,1 \text{ [m]}$	$\alpha = 1,3 \text{ [m]}$	$\alpha = 1,5 \text{ [m]}$
S_{k1} [m]	86,38	157,73	975,18
t_{k1} [s]	5,57	10,27	66,17
S_{k2} [m]	/	404,52	157,15
t_{k2} [s]	/	26,59	10,18
S_{k4} [m]	69,14	32,45	179,78
t_{k4} [s]	4,46	2,09	11,67
v_{kr14} [m/s]	/	/	/
v_{kr2} [m/s]	24,24	/	/



Слика 31. Приказ пута кочења у зависности од положаја тежишта



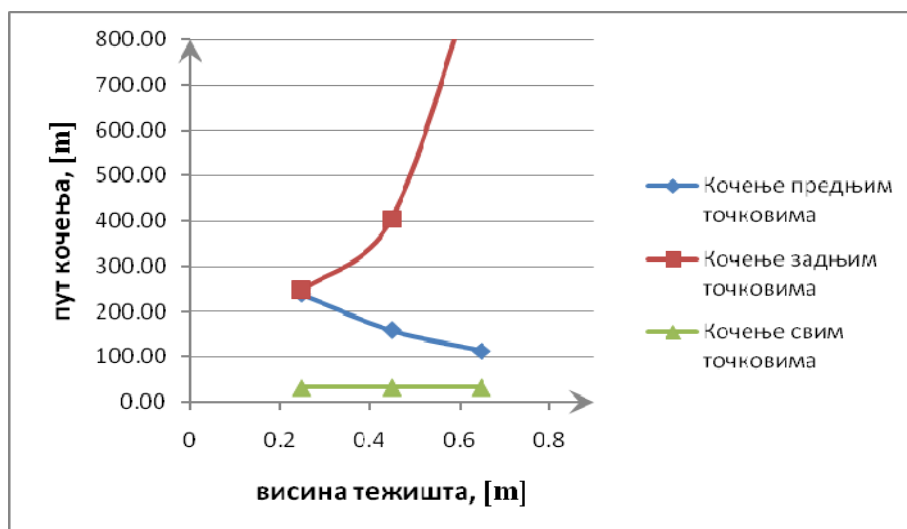
Слика 32. Приказ времена кочења у зависности од положаја тежишта

На основу: табеле 2, слике 31. 32. Закључујемо да код кочења предњим точковима, са повећањем растојања положаја тежишта у односу на предњу осовину, повећавају се пут и време кочења. За разлику од овога, при кочењу само задњим точковима и пут и време кочења се смањују са повећањем растојања положаја тежишта у односу на прву осовину. При кочењу возила свим точковима, пут и време кочења почињу да падају са повећањем растојања до средње вредности положаја тежишта, тј. до почетних услова, а затим са даљим повећањем растојања положаја тежишта, почиње нагли пораст. Најповољнија варијанта је кочење свим точковима, јер при кочењу задњим точковима, возило има критичну брзину, а предњим точковима се пут и време кочења непрестано повећавају, што негативно утиче на ефикасност кочења.

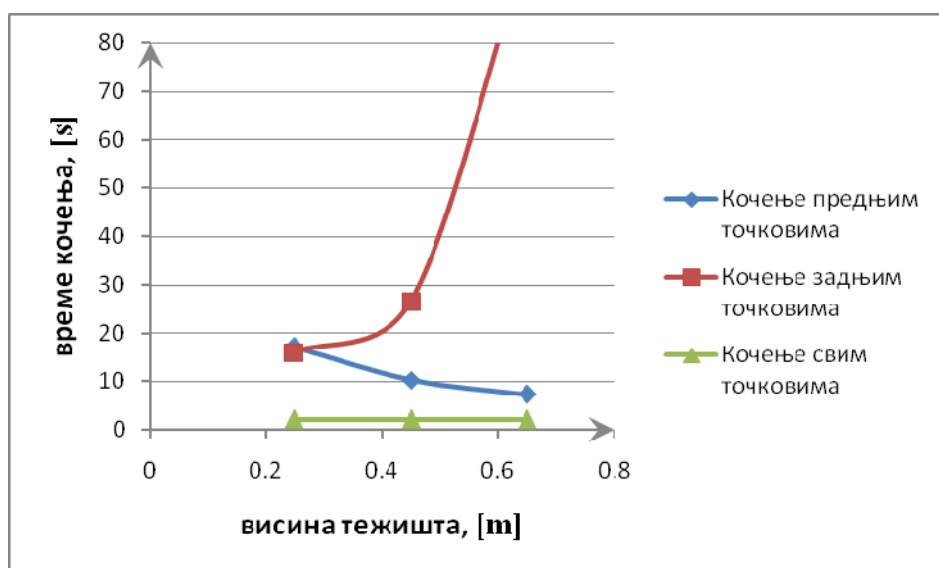
Варирање висине тежишта:

Табела 3: Варирање висине тежишта

	$h_t = 0,25 [m]$	$h_t = 0,45 [m]$	$h_t = 0,65 [m]$
$S_{k1} [m]$	238,77	157,73	112,875
$t_{k1} [s]$	17,10	10,27	7,30
$S_{k2} [m]$	245,77	404,52	/
$t_{k2} [s]$	16,01	26,59	/
$S_{k4} [m]$	32,45	32,45	32,45
$t_{k4} [s]$	2,09	2,09	2,09
$v_{kr14} [m/s]$	/	/	/
$v_{kr2} [m/s]$	/	/	34,97



Слика 33. Приказ пута кочења у зависности од висине тежишта



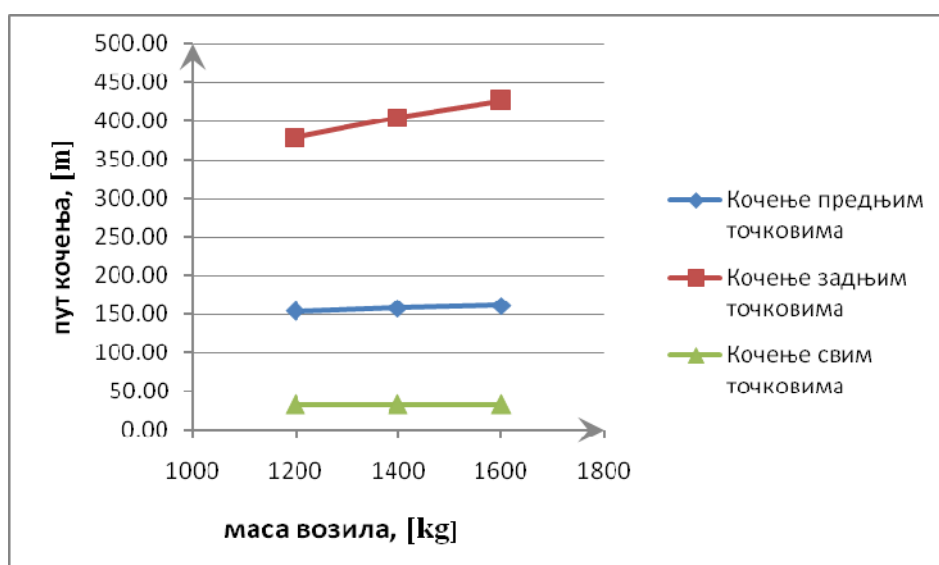
Слика 34. Приказ времена кочења у зависности од висине тежишта

На основу: табеле 3, слика: 33. и 34.. Закључујемо да код кочења предњим точковима са повећањем висине тежишта, долази до смањења пута и времена кочења, што повољно утиче на ефикасност кочења. При кочењу задњим точковима с повећањем висине тежишта, долази до повећања пута и времена кочења, до тренутка када возило има критичну брзину, а пут и време кочења су тада бесконачни, што је најнеповољнија варијанта ефикасности кочења. При кочењу свим точковима са повећањем висине тежишта параметри, пут и време, остају константни.

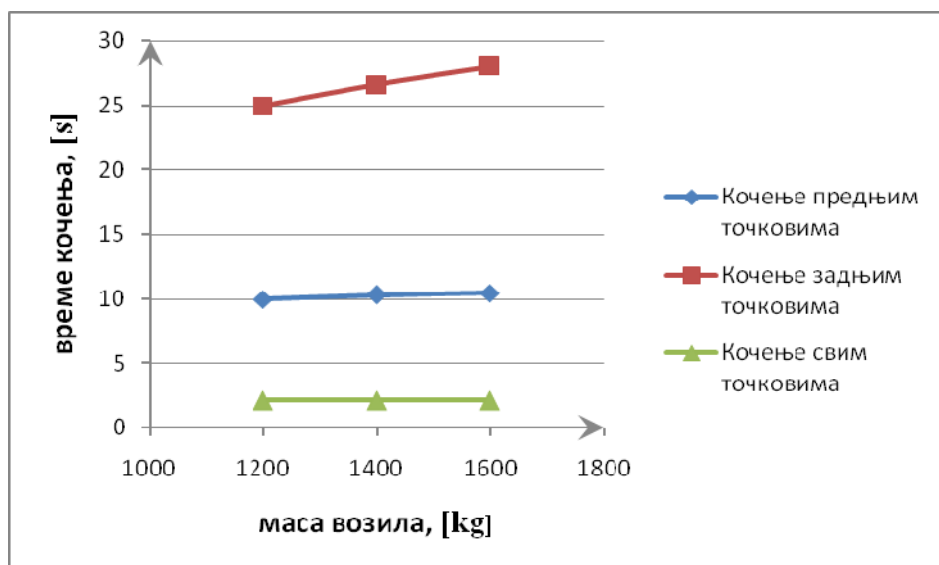
Варирање масе возила:

Табела 4. Варирање масе возила

	$m = 1200 \text{ [kg]}$	$m = 1400 \text{ [kg]}$	$m = 1600 \text{ [kg]}$
S_{k1} [m]	153,51	157,73	161,08
t_{k1} [s]	9,96	10,27	10,43
S_{k2} [m]	378,75	404,52	426,4
t_{k2} [s]	29,94	26,59	27,98
S_{k4} [m]	32	32,45	32,59
t_{k4} [s]	2,078	2,090	2,090
v_{kr124} [m/s]	/	/	/



Слика 35. Приказ пута кочења у зависности од масе возила



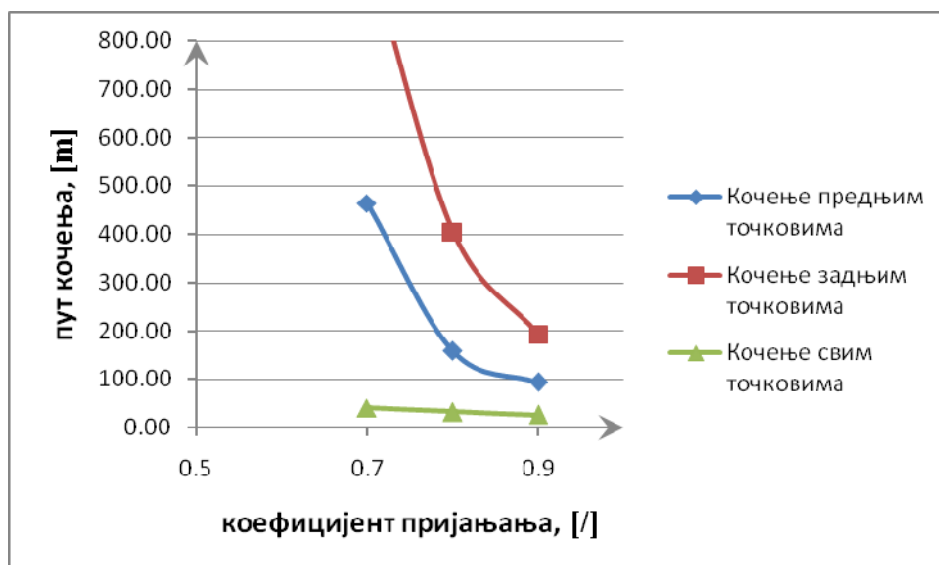
Слика 36. Приказ времена кочења у зависности од масе возила

На основу табеле 4. и слика 35. и 36. Закључујемо да повећањем масе возила, долази до благог повећања пута и времена кочења, без обзира да ли возило кочи само предњим, задњим или свим точковима. Најповољнија варијанта кочења је кочење свим точковима, јер су у питању мање вредности пута и времена кочења.

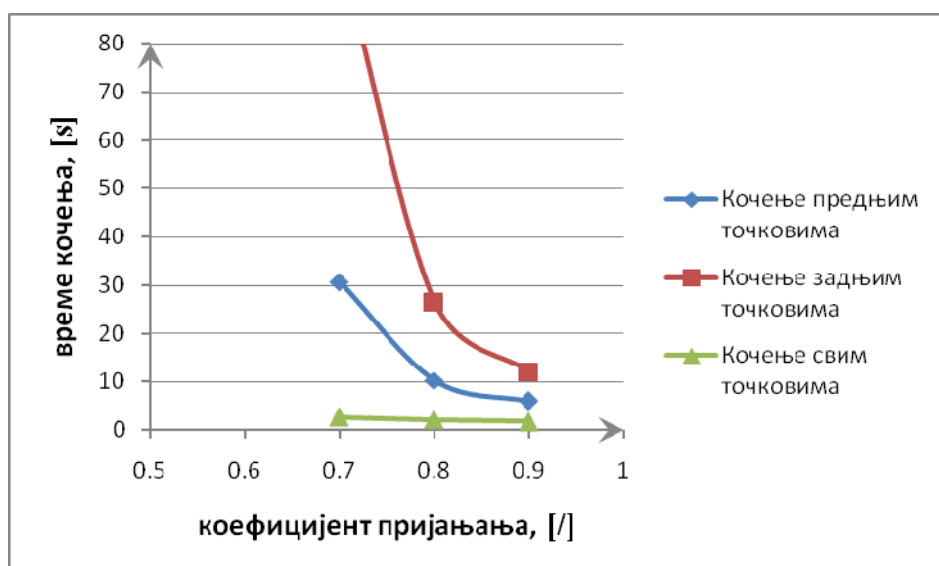
Варирање коефицијента пријањања возила:

Табела 5. Варирање коефицијента пријањања

	$\varphi = 0,7$ [/]	$\varphi = 0,8$ [/]	$\varphi = 0,9$ [/]
S_{k1} [m]	464,53	157,73	93,55
t_{k1} [s]	30,63	10,27	6,04
S_{k2} [m]	/	404,52	193,35
t_{k2} [s]	/	26,59	12,10
S_{k4} [m]	41,42	32,45	26,67
t_{k4} [s]	2,66	2,09	1,71
v_{kr14} [m/s]	/	/	/
v_{kr2} [m/s]	17,94	/	/



Слика 37. Приказ пута кочења у зависности од коефицијента пријањања



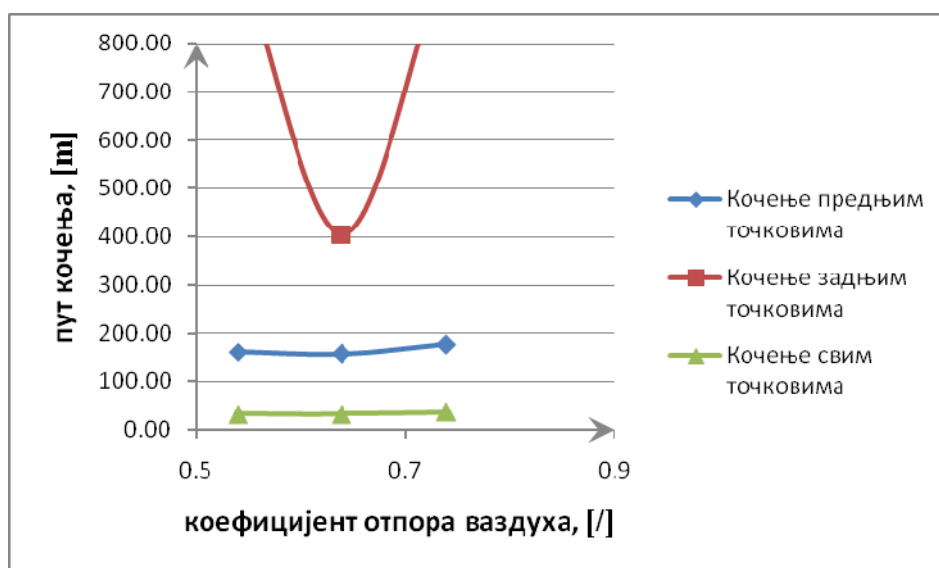
Слика 38. Приказ времена кочења у зависности од коефицијента пријањања

На основу табеле: 5. и слика 37. и 38. Закључујемо да повећањем коефицијента пријањања, долази до смањења пута и времена кочења, без обзира да ли је у питању кочење, предњим, задњим или свим точковима. У случају кочења задњим точковима, због критичне брзине, пут и време су бесконачни. Најповољније је кочење свим точковима, јер су тада пут и време кочења најмањи.

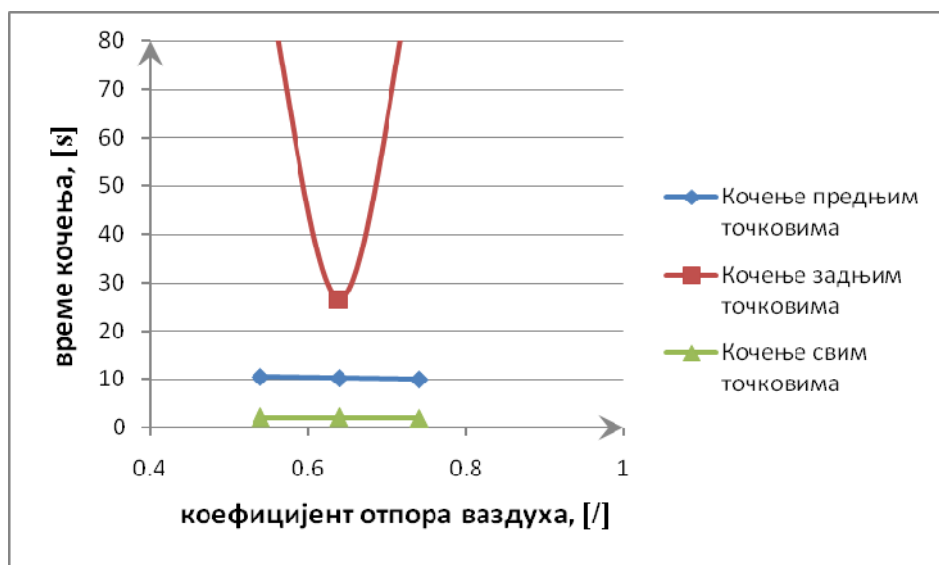
Варирање коефицијента отпора ваздуха :

Табела 6. Варирање коефицијента отпора ваздуха

	$C_x = 0,54$ [/]	$C_x = 0,64$ [/]	$C_x = 0,74$ [/]
S_{k1} [m]	162,08	157,73	176,99
t_{k1} [s]	10,499	10,27	9,99
S_{k2} [m]	/	404,52	/
t_{k2} [s]	/	26,59	/
S_{k4} [m]	33	32,45	37,126
t_{k4} [s]	2,10	2,09	2,079
v_{kr124} [m/s]	71,89	/	61,35



Слика 39. Приказ пута кочења у зависности од коефицијента отпора ваздуха



Слика 40. Приказ времена кочења у зависности од коефицијента отпора ваздуха

На основу табеле 6. и слика 39. и 40. Закључујемо да порастом коефицијента отпора ваздуха до неке вредности (у овом случају средње вредности) при кочењу задњим точковима пут и време се из бесконачности због критичне брзине смањују, а затим поново почињу да се повећавају због поновне појаве критичне брзине. При кочењу предњим точковима са порастом коефицијента се смањују и пут и време, до неке вредности, а затим оба параметра почињу да се повећавају. Најповољнија варијанта је кочења свим точковима, код које повећањем коефицијента отпора ваздуха долази до благог смањења пута и времена кочења.

Закључак

У завршном раду, описан је систем за кочење, принцип функционисања система за кочење код путничких моторних возила, дата су конструктивна решења и приказан је утицај конструктивних параметара на ефикасност кочења.

Развојем возила, тежи се усавршавању конструкције кочионог система како би се побољшала ефикасност кочења. То се може остварити смањењем пута и времена кочења. Увођењем серво-уређаја за кочење, повећава се ефикасност кочења. Применом електронских система на возилима се омогућава већа ефикасност кочења, као што су: Систем против блокирања точкова (ABS), Систем против проклизавања точкова (ASR), и др.

Конструктивни параметри значајно утичу на ефикасност кочења. Превасходно осовинско растојање, на тај начин што се његовим повећањем при кочењу предњим точковима, смањују пут и време кочења. Повећање висине тежишта доводи до смањења пута и времена кочења, што повољно утиче на ефикасност кочења. Повећање коефицијента пријањања доводи до смањења пута и времена кочења, без обзира да ли се кочи предњим, задњим или свим точковима. Повећање коефицијента отпора ваздуха доводи до смањења пута и времена кочења.

Повећање масе возила доводи до благог повећања пута и времена кочења. Положај тежишта такође утиче на ефикасност кочења, његовим повећањем, повећава се пут и време кочења. Најповољније кочење је свим точковима, јер се при кочењу задњим точковима јавља критична брзина то значи да возило нема пут и време кочења. Са предњим точковима се пут и време кочења непрестано повећавају што негативно утиче на ефикасност кочења.

Систем за кочење представља један од најважнијих система на моторном возилу. Од пресудног је значаја за безбедност у саобраћају, чијом неисправношћу можемо да изазовемо саобраћајне незгоде, којима нарушавамо сопствену а и безбедност осталих учесника у саобраћају.

Литература

- [1] Демич М., Лукић Ј.: Теорија кретања моторних возила, Машински факултет у Крагујевцу, 2011
- [2] Стефановић А.: Друмска возила - основи конструкције -Центар за моторе и моторна возила Машинског факултета у Нишу и Центар за безбедност Машинског факултета у Крагујевцу, 2010.
- [3] Н. Јанићијевић, Д. Јанковић, Ј. Тодоровић „ Конструкција моторних возила“, Машински факултет Београд, 1987 година
- [4] Иван Филиповић : Мотори и моторна возила, Машински факултет Универзитета у Тузли Тузла, 2006