

VELEUČILIŠTE VELIKA GORICA

Dinko Mikulić

MOTORNA VOZILA

Teorija kretanja i konstrukcija

II. izdanje



Velika Gorica, 2016.

dr.sc. Dinko Mikulić, dipl. ing. prof. v.š.

MOTORNA VOZILA
Teorija kretanja i konstrukcija

Nakladnik:
Veleučilište Velika Gorica

Za nakladnika
Ivan Toth

Recenzenti:

prof. dr. sc. Željko Marušić, dipl. ing.
prof. dr. sc. Emil Hnatko, dipl. ing.
mr. sc. Zdenko Novak, dipl. ing.
Tomislav Škreblin, dipl. ing.

Lektorica:
Marta Lukić, prof.

Naslovna stranica:
Super brzi električni automobil
Rimac Concept One
Rimac Automobili d.o.o.

Grafička obrada:
Vladimir Buzolić-Stegu

Tisak: Tiskara Zelina d.d.

CIP zapis je dostupan u računalnome katalogu Nacionalne i sveučilišne
knjižnice u Zagrebu pod brojem 000942757.

ISBN 978-953-7716-72-1

Copyright © 2016., Veleučilište Velika Gorica, Velika Gorica

Predgovor

Knjiga *Motorna vozila* nudi znanja iz teorije kretanja i konstrukcije suvremenih motornih vozila.

Budući je prvo izdanje knjige brzo razgrabljeno, pojavila se potreba za drugim izdanjem. U skladu s prijedlozima suradnika, knjiga je dopunjena s četiri nova poglavlja: *karoserije, dizajna, udobnosti i sigurnosti vozila*.

Knjiga je ponajprije namijenjena je studentima Veleučilišta Velika Gorica, na *studiju motornih vozila*, a može se koristiti i u drugim obrazovnim ustanovama i u gospodarstvu. Sadržaj knjige nadovezuje se na sadržaj knjige *Motori*, a osigurava znanja za praćenje predmeta *Ispitivanje motornih vozila i Održavanje motornih vozila*.

Objedinjavanje teorije i konstrukcije motornih vozila u stjecanju znanja je neophodno. Znanje iz motornih vozila je vrlo važno za njihovo kvalitetno održavanje i logističku potporu. Suvremena tehnička rješenja vozila obrađena su postupno na stručan i ilustrativan način, uz pomoć slika, shema, tablica i primjera. Kod pisanja knjige korištena je brojna domaća i strana literatura. Autor se na nekim preuzetim slikama stoga ljubazno zahvaljuje, a sve u cilju odgoja i obrazovanja studenata.

Zahvaljujem recenzentima knjige koji su s voljom prihvatili recenziju i ponudili korisne savjete. S obzirom na recenzije profesora s triju veleučilišta, Veleučilišta u Rijeci, Veleučilišta u Slavonskom Brodu i Veleučilišta Velika Gorica, knjiga može biti veleučilišni udžbenik iz područja motornih vozila.

Posebno zahvaljujem partnerima Veleučilišta Velika Gorica, a to su: Centar za vozila Hrvatske d.d., Auto Hrvatska d.d., Obrazovni centar *Porsche Croatia* d.o.o., DOK-ING d.o.o., te drugim institucijama i tvrtkama na danim savjetima, sve s nastojanjem da knjiga ima širu uporabu. Također, zahvaljujem suradnicima na podršci pri pisanju knjige.

Vjerujem da će knjiga pomoći studentima veleučilišta i sveučilišta, kao i inženjerima pri rješavanju pitanja u svezi s motornim vozilima.

Autor

dr. sc. Dinko Mikulić, dipl. ing.

SADRŽAJ

Poglavlje 1

- 1 **Uvod****
- 1.1 Podjela motornih vozila
- 1.2 Razvoj motornih vozila
- 1.3 Sigurnost motornih vozila
- 1.4 Ekološke norme

Poglavlje 2

- 2 **Kotači vozila****
- 2.1 Naplatci kotača
- 2.2 Pneumatici kotača
- 2.3 Standardni pneumatici
- 2.4 Niskoprofilni pneumatici
- 2.5 Zimski pneumatici
- 2.6 Klase efikasnosti pneumatika
- 2.7 Ravnoteža kotača
- 2.8 Elastičnost pneumatika
- 2.9 Dinamički radijus kotača
- 2.10 Sile koje djeluju na kotač

Poglavlje 3

- 3 **Teorija kretanja motornih vozila****
- 3.1 Sile koje djeluju na vozilo
- 3.2 Težina vozila
- 3.2.1 Osovinsko opterećenje
- 3.2.2 Težište vozila
- 3.3 Otpor kotrljanja
- 3.3.1 Koeficijent otpora kotrljanja
- 3.4 Otpor uspona
- 3.5 Otpor zraka
- 3.6 Otpor inercije
- 3.7 Ukupni otpori kretanja i potrebna snaga
- 3.8 Vučna sila
- 3.8.1 Koeficijent priranja
- 3.9 Dinamičke reakcije
- 3.9.1 Dinamičko opterećenje osovina
- 3.9.2 Dinamičke reakcije u zavoju
- 3.10 Performanse vozila
- 3.10.1 Najveće ubrzanje
- 3.10.2 Najveći uspon

Poglavlje 4

- 4 **Stabilnost vozila****
- 4.1 Uzdužna stabilnost
- 4.2 Poprečna stabilnost
- 4.3 Utjecaj vrste pogona na stabilnost vozila
- 4.4 Podupravljanje i preupravljanje vozila

- 4.5 *Kammov* krug stabilnosti vozila
- 4.6 Aktivni sustavi stabilnosti vozila
- 4.6.1 Sprječavanje blokiranja kotača (ABS)
- 4.6.2 Sprječavanje proklizavanja kotača (ASR)
- 4.6.3 Sprječavanje zanošenja vozila (ESC)
- 4.6.4 Složeni sustavi stabilnosti vozila

Poglavlje 5

5 Vučna svojstva vozila

- 5.1 Brzinska karakteristika motora s unutarnjim izgaranjem
- 5.2 Brzinska karakteristika elektromotora
- 5.3 Brzinska karakteristika hibridnog pogona
- 5.4 Karakteristike mehaničke transmisije
- 5.4.1 Stupanj korisnosti transmisije
- 5.4.2 Prijenosni omjer transmisije
- 5.4.3 Određivanje brzine vozila
- 5.5 Vučni dijagram vozila
- 5.6 Potrebna i raspoloživa snaga motora
- 5.7 Određivanje živosti vozila
- 5.7.1 Određivanje ubrzanja vozila
- 5.7.2 Vrijeme i put ubrzavanja vozila
- 5.7.3 Određivanje potrošnje goriva
- 5.8 Dinamička karakteristika vozila
- 5.9 Vučne karakteristike vozila s automatskim mjenjačem
- 5.9.1 Karakteristike konvencionalnog automatskog mjenjača
- 5.9.2 Vučni dijagram vozila s automatskim mjenjačem

Poglavlje 6

6 Transmisija vozila

- 6.1 Koncept prijenosa snage
- 6.2 Spojke
- 6.2.1 Mehanička tarna spojka
- 6.2.2 Spojka sa zamašnjakom podijeljene mase
- 6.2.3 Spojka integralnog pogona
- 6.2.4 Elektromagnetska spojka
- 6.2.5 Hidrodinamička spojka
- 6.3 Mjenjači
- 6.3.1 Ručni mjenjači
- 6.3.2 Poluautomatski mjenjači
- 6.3.3 Automatski mjenjači
- 6.3.4 Konvencionalni automatski mjenjači
- 6.3.5 CVT mjenjači
- 6.4 Osovinski reduktori
- 6.5 Diferencijali
- 6.5.1 Pasivni osovinski diferencijali
- 6.5.2 Aktivni osovinski diferencijali
- 6.5.3 Pasivni međuosovinski diferencijali
- 6.5.4 Aktivni međuosovinski diferencijali
- 6.6 Zglobna vratila
- 6.6.1 Kardansko vratilo

6.6.2 Vratilo kotača

Poglavlje 7

7 Kočna svojstva vozila

- 7.1 Vrste kočnica
- 7.2 Parametri kočenja
 - 7.2.1 Kočna sila
 - 7.2.2 Usporenje vozila
 - 7.2.3 Put i vrijeme kočenja
 - 7.2.4 Snaga kočenja
- 7.3 Stvarni parametri kočenja
 - 7.3.1 Put zaustavljanja
 - 7.3.2 Vrijeme zaustavljanja
 - 7.3.3 Kontrola ispravnosti kočnica
- 7.4 Kočenje uz pomoć aktivnih sustava stabilnosti
 - 7.4.1 Svojstva ABS-a
 - 7.4.2 Svojstva ASR-a
 - 7.4.3 Svojstva ESC-a

Poglavlje 8

8 Konstrukcija uređaja za kočenje

- 8.1 Kočni prijenos
- 8.2 Nožna kočnica
 - 8.2.1 Regulator kočenja
 - 8.2.2 Bubanž kočnica
 - 8.2.3 Disk kočnica
- 8.3 Parkirna kočnica
- 8.4 Usporivači

Poglavlje 9

9 Upravljanje vozilom

- 9.1 Svojstva upravljivosti vozila
- 9.2 Upravljanje prednjim kotačima
- 9.3 Upravljanje stražnjim kotačima
- 9.4 Geometrija kotača
 - 9.4.1 Poprečni nagib kotača
 - 9.4.2 Usmjerenost kotača
 - 9.4.3 Nagib osovinice kotača
 - 9.4.4 Centriranje stražnjih kotača

Poglavlje 10

10 Konstrukcija uređaja za upravljanje

- 10.1 Upravljački mehanizam
 - 10.1.1 Varijabilna zupčasta letva
 - 10.1.2 Progresivna zupčasta letva
- 10.2 Servouređaj upravljača
 - 10.2.1 Hidraulički servoupravljač
 - 10.2.2 Elektrohidraulički servoupravljač *Servotronic*
 - 10.2.3 Elektromehanički servoupravljač *Servolectric*
- 10.3 Polužni mehanizam

Poglavlje 11

- 11 Ovjes vozila**
- 11.1 Svojstva ovjesa
- 11.1.1 Utjecaj vibracija na čovjeka
- 11.1.2 Osnove vibracija
- 11.2 Vibracijski modeli vozila
- 11.3 Centri rotacije vozila
- 11.4 Klase ovjesa
- 11.4.1 Adaptivni ovjes
- 11.4.2 Poluaktivni ovjes
- 11.4.3 Aktivni ovjes
- 11.4.4 Udobnost vozila i sigurnost držanja puta

Poglavlje 12

- 12 Konstrukcija ovjesa**
- 12.1 Vrste ovjesa
- 12.2 Vodicice kotača
- 12.2.1 Poprečne vodilice
- 12.2.2 Dijagonalne vodilice
- 12.2.3 Uzdužne vodilice
- 12.2.4 Prostorne vodilice
- 12.3 Elastični elementi ovjesa
- 12.3.1 Metalni elementi
- 12.3.2 Pneumatski elementi
- 12.4 Prigušni elementi ovjesa
- 12.4.1 Klasični amortizeri
- 12.4.2 Amortizeri s varijabilnim prigušivanjem
- 12.5 Aktivna regulacija razine karoserije

Poglavlje 13

- 13 Karoserija motornih vozila**
- 13.1 Odvojena karoserija
- 13.2 Samonosiva karoserija
- 13.2.1 *Monokok (unibody)* karoserija
- 13.2.2 Rešetkasta karoserija
- 13.2.3 Karoserija električnog vozila
- 13.2.4 Modularna platforma
- 13.2.5 Oblici karoserije vozila
- 13.2.6 Dimenzije karoserije
- 13.2.7 Aerodinamičnost karoserije
- 13.2.8 Proračun karoserije
- 13.2.9 Materijali za izradu karoserije

Poglavlje 14

- 14 Dizajn vozila**
- 14.1 Percepcija kupca
- 14.2 Proces dizajniranja
- 14.3 Validacija dizajna

Poglavlje 15

- 15 Udobnost vozila**
- 15.1 Vibracijska udobnost
- 15.2 Akustična udobnost
- 15.3 Termička udobnost
- 15.3.1 Sustav klimatizacije vozila
- 15.3.2 Ventilacija kabine
- 15.3.3 Grijanje kabine
- 15.3.4 Konstrukcija sustava klimatizacije
- 15.3.5 Princip rada klimatizacije
- 15.3.6 Upravljanje sustavom klimatizacije
- 15.3.7 Klimatizacija električnih vozila

Poglavlje 16

- 16 Pasivna sigurnost vozila**
- 16.1 Energija sudara
- 16.2 Elementi pasivne zaštite
- 16.3 *Crash* testovi

17 Literatura

18 PRILOZI

- Prilog 1: Kategorizacija motornih vozila
- Prilog 2: Dinamički test vozila
- Prilog 3: Homologacija vozila
- Prilog 4: Recikliranje vozila