

UNIVERZITET U BEOGRADU
SAOBRAĆAJNI FAKULTET

Dr Ivan IVKOVIĆ

MOTORNA VOZILA

BEOGRAD
2020.

Dr Ivan Ivković
MOTORNA VOZILA
I izdanje

Recenzenti: dr Srećko Žeželj
dr Gradimir Danon

Za izdavača: dekan, dr Nebojša Bojović

Glavni i odgovorni urednik: dr Marijana Petrović

Tehnički urednik: Gordana Marjanović

Korice: Predrag S. Zdravković

Izdavač: Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet,
Vojvode Stepe 305; telefon: 3976–017;
fax: 3096–704; <http://www.sf.bg.ac.rs>

Priprema: Izdavačka delatnost Saobraćajnog fakulteta
telefon: 3091–344; e-mail: izdavacka_delatnost@sf.bg.ac.rs

Štampa: Pekograf d.o.o., 11080 Zemun, Vojni put 258/d
telefon/fax: 3149–166; e-mail: pekograf@sbb.rs
<http://www.pekograf.com>

Tiraž: 250 primeraka

ISBN 978-86-7395-432-5

Na osnovu odluke Uređivačkog odbora Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu broj 1191/2 od 04. decembra 2020. godine, odobrava se za upotrebu u nastavi kao osnovni udžbenik za predmet "Motorna vozila" na osnovnim studijama.

CIP – КАТАЛОГИЗАЦИЈА У ПУБЛИКАЦИЈИ
Народна библиотека Србије, Београд

629.3(075.8)

ИВКОВИЋ, Иван, 1974-

Motorna vozila / Ivan Ivković. - 1. izd. - Beograd : Univerzitet, Saobraćajni fakultet, 2020 (Zemun : Pekograf). - 326 str. : ilustr. ; 25 cm

Autorova slika. - Tiraž 250. - Srpsko-engleski rečnik termina: str. 317-323. - Beleška o autoru: str. 325-326. - Napomene uz tekst. - Bibliografija: str. 313-316.

ISBN 978-86-7395-432-5

a) Моторна возила

COBISS.SR-ID 28488969

Izdavač zadržava sva prava. Reprodukција pojedinih delova ili celine ove publikacije nije dozvoljena

Predgovor

Udžbenik MOTORNA VOZILA namenjen je prvenstveno studentima Saobraćajnog fakulteta u Beogradu ali ga mogu koristiti studenti, inženjeri i naučni radnici srodnih struka koji se bave izučavanjem motornih vozila, saobraćaja i transporta. Gradivo je podeljeno u 12 poglavlja svrstanih u dva osnovna dela: DEO I – TEORIJA KRETANJA MOTORNIH VOZILA i DEO II – KONSTRUKCIJA MOTORNIH VOZILA. Savladavanjem izložene materije, budući saobraćajni inženjeri stižu neophodna savremena znanja iz oblasti automobilske tehnike, vladaju zakonima teorije kretanja motornih vozila koji omogućuju analizu i rešavanje praktičnih problema u struci.

Sadržaj udžbenika odgovara aktuelnom nastavnom planu i programu predmeta Motorna vozila na osnovnim studijama Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu i prilagođen je novom konceptu nastave, u skladu sa Bolonjskom deklaracijom. Pri koncipiranju materije uvažavani su saveti kolega – nastavnika Saobraćajnog fakulteta pa je sadržaj udžbenika usklađen sa potrebama većeg broja predmeta na osnovnim i master studijama, Odseka za drumski i gradski saobraćaj i transport. Kvalitetu udžbenika doprineli su i studenti Saobraćajnog fakulteta, svojim korisnim savetima, zahtevima i preporukama, prikupljenih tokom višegodišnjeg rada autora u nastavi. Pri formiranju konačnog oblika knjige i sadržajnosti gradiva, autoru je koristilo višegodišnje iskustvo sticano naučno-istraživačkim radom kroz učešće na više domaćih i međunarodnih projekata i studija iz oblasti motornih vozila, saobraćaja i transporta.

Posebno se zahvaljujem recenzentima, prof. dr Srećku Žeželju, i prof. dr Gradimiru Danonu, koji su svojim idejama, savetima, sugestijama i primedbama doprineli poboljšanju osnovnog teksta.

Beograd, septembar 2020.

Autor

SADRŽAJ

Predgovor	3
UVOD	11

DEO I - TEORIJA KRETANJA MOTORNIH VOZILA

1. KINEMATIKA I DINAMIKA TOČKA	15
1.1. Uloga točka na vozilu	15
1.2. Podloge za kretanje vozila	16
1.3. Kotrljanje elastičnog točka po tvrdoj podlozi	20
1.3.1. Poluprečnik točka	21
1.3.2. Radijalna deformacija pneumatika	22
1.3.3. Brzine u kontaktu točka i nedeformabilne podloge	25
1.4. Prijanjanje točka na podlogu	25
1.4.1. Mehanizam trenja elastičnog gumenog bloka	26
1.4.1.1. Mehanizam adhezije	27
1.4.1.2. Mehanizam histerezisa	28
1.4.1.3. Ukupni koeficijent trenja	29
1.4.2. Mehanizam prijanjanja pneumatika	29
1.4.2.1. Kretanje vođenog točka bez uticaja bočne sile	30
1.4.2.2. Koeficijent otpora kotrljanju – f	32
1.4.2.3. Generisanje sile prijanjanja kod kočenog i pogonskog točka	34
1.4.2.4. Kretanje kočenog točka bez uticaja bočne sile	36
1.4.2.5. Kretanje pogonskog točka bez uticaja bočne sile	38
1.4.2.6. Koeficijent prijanjanja – φ	40
1.4.2.7. Zavisnost koeficijenta prijanjanja od klizanja	42
1.4.3. Kretanje točka uz dejstvo bočne sile	44
1.4.3.1. Prijanjanje i klizanje kada na točak deluje bočna sila – vođeni točak	45
1.4.3.2. Prijanjanje i klizanje kada na točak deluje bočna sila – kočeni i pogonski točak	48

1.4.3.3.	Elipsa prijanjanja	51
1.4.4.	Prijanjanje na mokrom kolovozu.....	52
1.4.5.	Faktori koji utiču na realizovano prijanjanje	54
2.	SILE KOJE DELUJU NA VOZILO.....	57
2.1.	Težina vozila i težište vozila	58
2.1.1.	Utvrđivanje položaja težišta analitičkim putem	59
2.1.2.	Utvrđivanje podužne i bočne koordinate težišta merenjem.....	60
2.1.3.	Utvrđivanje visine težišta merenjem	61
2.1.4.	Statički i dinamički osovinski pritisci	62
2.2.	Obimna sila na pogonskim točkovima ($M_o/r_d = F_o$).....	65
2.3.	Otpori pri kretanju vozila	67
2.3.1.	Otpor kotrljanju – R_f	67
2.3.2.	Otpor vazduha – R_v	68
2.3.3.	Otpor sistema za prenos snage – R_{tr}	72
2.3.4.	Otpor uspona – R_u	72
2.3.5.	Otpor ubrzanja – R_a	74
2.3.6.	Otpor na poteznici – R_{pot}	76
2.4.	Bočne sile	77
2.5.	Reakcije podloge u kontaktu točka i podloge (X, Y, Z) – rezime	78
3.	VUČNO-DINAMIČKE KARAKTERISTIKE VOZILA	81
3.1.	Dijagram idealne vučne karakteristike i otpora kretanju vozila	81
3.2.	Brzinska karakteristika motora.....	83
3.3.	Prenos snage od motora do pogonskih točkova.....	87
3.4.	Vučni bilans vozila sa motorom SUS.....	89
3.4.1.	Stabilnost kretanja pri stacionarnom režimu rada motora	91
3.4.2.	Analiza vučnog bilansa pri različitim uslovima vožnje.....	93
3.5.	Dinamička karakteristika.....	94
3.5.1.	Granična vrednost dinamičke karakteristike	96
3.5.2.	Određivanje maksimalne brzine kretanja	97
3.5.3.	Određivanje maksimalnog uspona.....	97
3.5.4.	Primena dinamičke karakteristike pri analizi uticaja promene težine vozila na vučna svojstva vozila.....	98
3.5.5.	Određivanje ubrzanja na osnovu dinamičke karakteristike	100
3.5.6.	Određivanje vremena i puta ubravanja	101
3.6.	Bilans snage.....	102
3.6.1.	Određivanje maksimalnog otpora puta pomoću bilansa snage.....	105
3.6.2.	Specifična snaga vozila	106
3.7.	Izbor parametara motora i sistema za prenos snage	107
3.7.1.	Izbor snage motora	107

3.7.2.	Izbor prenosnog odnosa u glavnom prenosniku.....	110
3.7.2.1.	Uticaj prenosnog odnosa i_o na vučno-dinamičke karakteristike vozila	111
3.7.2.2.	Proračun i usvajanje prenosnog odnosa i_o	112
3.7.3.	Izbor prenosnih odnosa menjačkog prenosnika	115
3.7.3.1.	Određivanje prenosnog odnosa u prvom stepenu prenosa	116
3.7.3.2.	Određivanje prenosnih odnosa u ostalim stepenima prenosa	117
4.	KOČENJE VOZILA.....	121
4.1.	Dinamički osovinski pritisci pri kočenju vozila	121
4.2.	Maksimalno usporenje.....	123
4.3.	Vreme i put kočenja.....	124
4.4.	Dijagram kočenja.....	126

DEO II – KONSTRUKCIJA MOTORNIH VOZILA

5.	OSNOVNI POJMOVI U OBLASTI KONSTRUKCIJE MOTORNIH VOZILA.....	131
5.1.	Sistemi i sklopovi motornog vozila	131
5.2.	Klasifikacija i kategorizacija vozila	134
6.	POGON MOTORNIH VOZILA.....	155
6.1.	Konstrukcija motora sa unutrašnjim sagorevanjem.....	155
6.1.1.	Nepokretni delovi motora	156
6.1.2.	Pokretni delovi motora.....	158
6.1.3.	Razvodni mehanizam.....	162
6.1.4.	Princip rada četvorotaktnog motora.....	165
6.1.5.	Motri sa natpunjenjem	168
6.1.6.	Sistem za hlađenje motora	172
6.1.7.	Sistem za podmazivanje motora	173
6.1.8.	Sistem za napajanje motora gorivom.....	174
6.1.9.	Izduvni sistem.....	177
6.2.	Alternativni pogoni vozila	179
7.	SISTEM ZA PRENOS SNAGE.....	195
7.1.	Spojnice.....	196
7.1.1.	Frikcione spojnice.....	197
7.1.2.	Hidrodinamičke spojnice	199
7.1.3.	Elektromagnetne spojnice.....	200

7.2.	Menjački prenosnici	200
7.2.1.	Stepenasti menjački prenosnici	201
7.2.2.	Kontinualni menjački prenosnici	206
7.2.3.	Kombinovani menjački prenosnici	209
7.3.	Zglobni prenosnici	210
7.4.	Pogonski mostovi	211
7.4.1.	Glavni prenosnik	212
7.4.2.	Diferencijalni prenosnik	213
7.4.3.	Pogonska poluvratila	216
8.	TOČKOVI	217
8.1.	Metalni deo točka	217
8.1.1.	Naplatak	218
8.1.2.	Spojni deo i glavčina točka	221
8.1.3.	Štitnik i ventil	223
8.1.4.	Obeležavanje metalnog dela točka	224
8.2.	Pneumatici	225
8.2.1.	Sastav i konstrukcija pneumatika	226
8.2.2.	Vrste pneumatika	229
8.2.3.	Izbor pneumatika	234
8.2.4.	Posebne vrste pneumatika	236
8.2.5.	Obeležavanje pneumatika	237
9.	SISTEM ZA OSLANJANJE	241
9.1.	Mehanizam za vođenje točka	243
9.1.1.	Zavisno oslanjanje	243
9.1.2.	Nezavisno oslanjanje	245
9.2.	Elastični oslonci	249
9.2.1.	Metalni elastični oslonci	249
9.2.2.	Nemetalni elastični oslonci	251
9.3.	Elementi prigušenja	254
9.4.	Stabilizatori	258
9.5.	Podela sistema za oslanjanje prema načinu upravljanja	259
10.	SISTEM ZA UPRAVLJANJE	263
10.1.	Sile koje deluju na upravljačke točkove	264
10.2.	Kinematika upravljanja – Akermanova geometrija	266
10.3.	Trapez upravljanja	267
10.4.	Preupravljivo i podupravljivo vozilo	268
10.5.	Upravljanje dodatnim zakretanjem zadnjih točkova	268

10.6. Geometrija upravljačkih točkova.....	270
10.7. Osnovni mehanizmi sistema za upravljanje	273
10.7.1. Mehanizam za upravljanje	274
10.7.2. Prenosni mehanizam	277
10.7.3. Servo uređaji sistema za upravljanje.....	278
11. SISTEM ZA KOČENJE	281
11.1. Komandni mehanizam.....	283
11.2. Prenosni mehanizam.....	283
11.2.1. Mehanički prenosni mehanizam	284
11.2.2. Hidraulički prenosni mehanizam	284
11.2.3. Pneumatički prenosni mehanizam	286
11.2.4. Kombinovani prenosni mehanizam	290
11.3. Izvršni organi sistema za kočenje – kočnice	290
11.3.1. Doboš kočnice	290
11.3.2. Disk kočnice	293
11.4. Usporači.....	295
11.5. Uređaji za regulaciju kočnih sila	298
12. NOSEĆI SISTEM.....	305
12.1. Noseća konstrukcija.....	305
12.2. Karoserije	306
13. LITERATURA	313
14. SRPSKO-ENGLSKI REČNIK TERMINA	317
BELEŠKA O AUTORU	325
