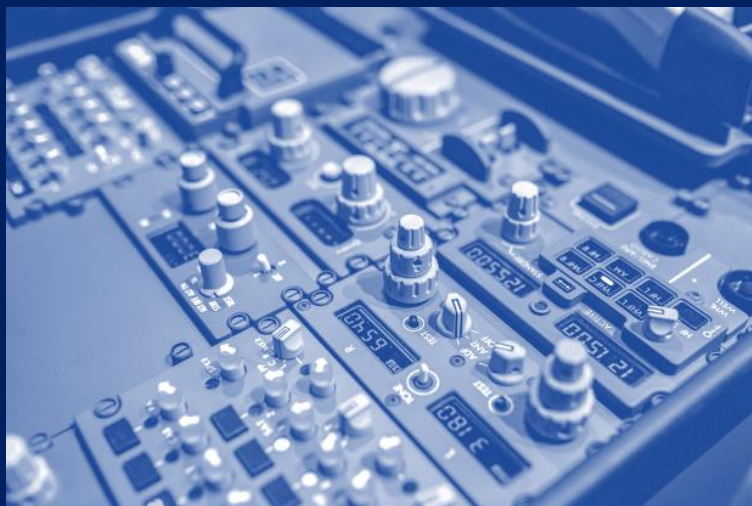


UNIVERZITET U BEOGRADU
MAŠINSKI FAKULTET

Prof. dr Aleksandar Žunjić
Prof. dr Momir Ćulić



PRAKTIKUM ZA
LABORATORIJSKE VEŽBE IZ
INDUSTRIJSKE ERGONOMIJE



BEOGRAD, 2022

**UNIVERZITET U BEOGRADU
MAŠINSKI FAKULTET**

**Prof. dr Aleksandar Žunjić
Prof. dr Momir Čulić**

**PRAKTIKUM ZA LABORATORIJSKE VEŽBE IZ
INDUSTRIJSKE ERGONOMIJE**

Beograd, 2022

Univerzitet u Beogradu
Mašinski fakultet

Autori
Dr Aleksandar Žunjić, red. prof.
Dr Momir Ćulić, prof. u penziji

**PRAKTIKUM ZA LABORATORIJSKE VEŽBE
IZ INDUSTRIJSKE ERGONOMIJE
- III izdanje -**

Recenzenti:
Dr Milivoj Klarin, red. prof. u penziji
Dr Đuro Koruga, red. prof. u penziji

Izdavač:
Univerzitet u Beogradu
MAŠINSKI FAKULTET
Ul. Kraljice Marije br.16, Beograd
tel. (011) 3370-760
fax. (011) 3370-364
www.mas.bg.ac.rs

Za izdavača:
Dekan, dr Vladimir Popović, red. prof.

Urednik:
dr Milan Lečić, red. prof.
Predsednik komisije za izdavačku delatnost
Mašinskog fakulteta u Beogradu

Tiraž: 200 primeraka

Štampanje III izdanja odobrila:
Komisija za izdavačku delatnost
Mašinskog fakulteta u Beogradu

i
Dekan Mašinskog fakulteta
Odlukom br. 45/2021
od 29. 12. 2021. godine

Štampa: "Planeta-print", 11000 Beograd
www.planeta-print.rs

Beograd, 2022. godine

ISBN 978-86-6060-109-6

Predgovor

Praktikum za laboratorijske vežbe iz Industrijske ergonomije je rezultat višegodišnjeg rada autora na unapređenju sadržaja i kvaliteta vežbi studenata Mašinskog fakulteta iz predmeta Industrijska ergonomija. S obzirom da literatura ovog tipa u našoj zemlji ne postoji, autori su učinili veliki napor da studentima na praktičan način približe gradivo koje je vezano za izvođenje laboratorijskih vežbi. Posebno treba istaći da prema našim saznanjima, ovaj praktikum za laboratorijske vežbe iz Industrijske ergonomije predstavlja ujedno i prvi praktikum ove vrste u svetu iz oblasti Ergonomije.

Praktikum za laboratorijske vežbe iz Industrijske ergonomije je podeljen u četiri celine, koje se odnose na četiri laboratorijske vežbe koje su u planu i programu vežbi iz predmeta Industrijska ergonomija, na smeru Industrijsko inženjerstvo. Svaka od ovih laboratorijskih vežbi sadrži identičnu strukturu, koja se sastoji iz nekoliko osnovnih delova. Najpre se studentima na praktičan način objašnjavaju pojmovi i onaj teorijski deo koji je neophodan za rad na izvođenju vežbe. Ovaj deo sadrži i opis instrumenata koji se koriste za izvođenje vežbe. Nakon toga se daje spisak korišćene literature koja se može koristiti i kao dopunska literatura za tu vežbu. Zatim sledi opis samog postupka izvođenja vežbe, odnosno metodologije izvođenja vežbe. Četvrti deo je vezan za davanje detaljnog uputstva za pisanje izveštaja nakon obavljene laboratorijske vežbe u formi stručnog rada, pri čemu su date i tabele u koje studenti mogu beležiti izmerene vrednosti. Posebno treba naglasiti da deo koji se odnosi na analizu rezultata u okviru svake laboratorijske vežbe sadrži deset stavki, što studentima pruža mogućnost samovrednovanja njihovog rada u odnosu na tačnost i kompletnost analiziranih rezultata.

Praktikum je namenjen studentima sa smera Industrijsko inženjerstvo Mašinskog fakulteta u Beogradu. Pored toga, on jednim delom može korisno poslužiti i studentima sa smera Dizajn u mašinstvu u okviru predmeta Ergonomski dizajn, kao literatura za izvođenje laboratorijskih vežbi. S obzirom na sadržinu praktikuma, on može korisno poslužiti i studentima drugih fakulteta koji neguju multidisciplinarni pristup, kao i svima onima koji primenjuju standarde i preporuke iz domena uslova na radu, kao što su recimo oni koji se odnose na osvetljenje, buku, mikroklimu i zapašenost. Iz tog razloga, praktikum svoju upotrebnu vrednost može imati i za potrebe firme koje žele da oblikuju bezbedno i komforno radno okruženje, a posebno onima u oblasti mašinske industrije.

Autori

Prof. dr Aleksandar Žunjić

Prof. dr Momir Čulić

SADRŽAJ

1. Prva laboratorijska vežba iz industrijske ergonomije	1
Ocena uslova radne sredine	
1.1. Osvetljenje	1
1.1.1. Dnevno osvetljenje	1
1.1.2. Tipovi veštačkih izvora osvetljenja i distribucija svetlosti	2
1.1.3. Boja svetlosti veštačkih izvora osvetljenja	3
1.1.4. Kriterijumi i postupak za određivanje potrebnog nivoa osvetljenja	4
1.1.5. Merenje osvetljenosti	7
1.2. Buka	9
1.2.1. Nivo zvučnog pritiska , nivo zvučne snage i nivo intenziteta zvuka	9
1.2.2. Kriterijumi i postupak za ocenu štetnog dejstva buke	13
1.2.3. Kartografija buke	16
1.2.4. Merenje buke	17
1.3. Vlažnost vazduha	18
1.3.1. Relativna vlažnost vazduha	19
1.3.2. Merenje relativne vlažnosti	19
1.4. Temperatura	21
1.4.1. Merenje temperature	22
1.4.2. Nova efektivna temperatura	23
1.4.3. Termalni komfor	25
1.4.4. Toplotni indeks	25
1.4.5. Oksfordski indeks	27
1.5. Zapašenost	27
1.5.1. Kriterijumi i postupak za ocenu štetnog dejstva zapašenosti	28
1.5.2. Merenje zapašenosti	29
1.6. Literatura	32
1.7. Uputstvo za prvu laboratorijsku vežbu	33
1.7.1. Tabele za prvu laboratorijsku vežbu	37
2. Druga laboratorijska vežba iz industrijske ergonomije	50
Ocena buke promenljivog nivoa	
2.1. Uvod	50
2.2. Ekvivalentni nivo buke	51
2.2.1. Metod Taylora i Lipscomba za određivanje ekvivalentnog nivoa buke	51
2.2.2. Određivanje ekvivalentnog nivoa buke pomoću obrasca	54
2.3. Impulsna buka	55
2.4. Merodavni nivo buke	56
2.4.1. Kriterijumi i postupak za ocenu štetnog dejstva vremenski promenjive buke	56
2.5. Doza buke	57
2.6. Konstrukcija vremenskog histograma buke	59
2.7. Konstrukcija kumulativnog dijagrama promene nivoa buke tokom vremena	60
2.8. Pojam i definicija nivoa L_{10} , L_{50} i L_{90}	61

2.8.1. Određivanje nivoa L_{10} , L_{50} i L_{90} iz vremenskog histograma buke	61
2.8.2. Određivanje nivoa L_{10} , L_{50} i L_{90} iz kumulativnog dijagrama promene nivoa buke tokom vremena	62
2.9. Literatura	62
2.10. Uputstvo za drugu laboratorijsku vežbu	63
2.10.1. Tabele za drugu laboratorijsku vežbu	65
3. Treća laboratorijska vežba iz industrijske ergonomije	71
Ispitivanje čitljivosti brojčanika mernih instrumenata	
3.1. Uvod	71
3.2. Vrste pokazivača i osnovne smernice za njihov izbor i oblikovanje	71
3.3. Analogni vizuelni pokazivači	73
3.3.1. Preporuke za projektovanje analognih vizuelnih pokazivača	74
3.3.2. Veličina brojčanika	75
3.3.3. Veličina skale u odnosu na zahtevani broj podeonih oznaka	76
3.3.4. Odnos između skale i kazaljke	77
3.3.5. Dimenzije podeonih oznaka	78
3.3.6. Smer kretanja kazaljke	79
3.3.7. Intervali na skali	80
3.4. Čitljivost analognih vizuelnih pokazivača	80
3.5. Ispitivanje čitljivosti	81
3.6. Literatura	83
3.7. Uputstvo za treću laboratorijsku vežbu	84
3.7.1. Tabele za treću laboratorijsku vežbu	87
4. Četvrta laboratorijska vežba iz industrijske ergonomije	91
Procena fizičkog napora pomoću pulsa	
4.1. Uvod	91
4.2. Pojam i osnovne osobine pulsa	91
4.3. Faktori koji utiču na nivo pulsa u mirovanju	91
4.4. Mišićni rad i srčana frekvencija	92
4.5. Faktori od uticaja na nivo pulsa prilikom fizičkog rada	93
4.6. Frekvencija srca pre, u toku i nakon obavljenog dinamičkog rada	94
4.7. Procena fizičkog radnog opterećenja	95
4.8. Merenje pulsa	98
4.9. Literatura	99
4.10. Uputstvo za četvrtu laboratorijsku vežbu	100
4.10.1. Tabele za četvrtu laboratorijsku vežbu	103