



## Predgovor

Tehnički crteži pripadaju među najvažnije medije i sredstva komuniciranja pa ih je potrebno znati čitati i crtati. Osnove za izradu i čitanje tehničkih crteža objašnjene su u ovom udžbeniku.

Udžbenik je oblikovan prema nastavnom programu za nastavni predmet *Tehničko crtanje* u području strojarstva za trogodišnje obrtničke i industrijske škole, a sadrži objašnjenja i primjere za stjecanje svih potrebnih znanja kako bi učenici mogli potpuno samostalno čitati i izrađivati tehničke crteže pomoću pribora za tehničko crtanje i na računalu u računalnom programu AutoCAD.

Udžbenik se sastoji od jedanaest zasebnih cjelina. Na početku su opisani i objašnjeni standardi (norme) koje je potrebno poznavati pri izradi tehničkog crteža: standardi crta, standardi tehničkog pisma, mjerila, formata, zaglavlja i sastavnica. U narednim poglavljima knjige nastojao sam na najjednostavniji i najkraći način objasniti prostorno predočavanje tijela, pravokutno projiciranje i kotiranje, presjeke, tolerancije i hrapavost površina, presjeke geometrijskih tijela ravninama, te samu izradu i čitanje tehničkih crteža. Posebno poglavlje čini crtanje standardnih strojnih elemenata.

Posljednje poglavlje udžbenika omogućuje učenicima stjecanje znanja i umijeća potrebnih za izradu crteža u računalnom programu AutoCAD.

Dodatak na kraju knjige sadrži crteže za samostalno vježbanje učenika kao i mnogobrojne primjere crteža od kojih nastavnici mogu odabrati crteže za *samostalne programe* koje učenici prema nastavnom planu moraju uraditi tijekom školske godine.

Udžbenik prati i CD medij s mnogobrojnim crtežima i obrađenim primjerima.



Nadam se da će ovaj udžbenik poslužiti svrsi, to jest da će pripremiti učenike za samostalan rad pri izradi tehničkih crteža kao i za izradu tehničkih crteža na suvremen način, na računalima u računalnom programu AutoCAD.

Osijek, studeni 2005.

Autor

# SADRŽAJ

<b>1.</b>	<b>UVOD</b>	<b>1</b>
1.1.	Tehnički crtež	1
1.2.	Pribor za tehničko crtanje	1
<b>2.</b>	<b>STANDARDI U TEHNIČKOM CRTANJU</b>	<b>3</b>
2.1.	Vrste tehničkih crteža	3
2.2.	Vrste crta	7
2.3.	Namjena crta	7
2.4.	Standardna mjerila u tehničkom crtanju	8
2.5.	Standardni formati papira za crtanje	9
2.6.	Zaglavlja i sastavnice	11
2.7.	Tehničko pismo	13
<b>3.</b>	<b>PROSTORNO PREDOČAVANJE I KOTIRANJE</b>	<b>17</b>
3.1.	Uvod	17
3.2.	Metode prostornog predočavanja	17
3.3.	Perspektiva	17
3.4.	Dimetrija	19
3.5.	Kosa projekcija	19
3.6.	Izometrijska projekcija (izometrija)	20
<b>4.</b>	<b>PRAVOKUTNO PROJICIRANJE I KOTIRANJE</b>	<b>27</b>
4.1.	Vrste projiciranja	27
4.2.	Kvadranti, oktanti i koordinate	28
4.3.	Pravokutno projiciranje točke, dužine i geometrijskog lika na tri ravnine	29
4.4.	Pravokutno projiciranje geometrijskih tijela na tri ravnine	30
4.4.1.	Smjer pogleda i raspored projekcija	30
4.4.2.	Pravokutne projekcije pravilnih geometrijskih tijela	32
4.4.3.	Pravokutno projiciranje nepravilnih geometrijskih tijela	33
4.5.	Kotiranje crteža	37
4.5.1.	Elementi kota	37
4.5.2.	Opća pravila za nanošenje kota	37
4.5.3.	Primjeri kotiranja s objašnjenjima	37
4.6.	Skiciranje	48
4.6.1.	Uvod	48
4.6.2.	Skiciranje predmeta u ortogonalnom prikazu	48
4.6.3.	Skiciranje predmeta u prostornoj predodžbi	49
<b>5.</b>	<b>PRESJECI</b>	<b>53</b>
5.1.	Uvod	53
5.2.	Prikaz i šrafitiranje presjeka	53
5.3.	Vrste presjeka	54
5.4.	Trag ravnine presjeka	56

5.5.	Dijelovi koji se ne crtaju u presjeku	57
5.6.	Prekidi i skraćivanja	58
<b>6.</b>	<b>TOLERANCIJE I HRAPAVOST POVRŠINA</b>	<b>59</b>
6.1.	Tolerancije dužinskih mjera	59
6.1.1.	Vrste mjera	59
6.1.2.	Elementi tolerancija	59
6.1.3.	Unošenje tolerancija na crtež	60
6.2.	Dosjedi i njihovo označavanje na crtežima	61
6.3.	Tolerancije oblika i položaja	62
6.4.	Hrapavost površina	71
6.4.1.	Uvod	71
6.4.2.	Primjeri označavanja površinske hrapavosti	72
<b>7.</b>	<b>POJEDNOSTAVLJENO CRTANJE I KOTIRANJE</b>	<b>79</b>
7.1.	Pojednostavljenja pri crtanju navoja i vijaka	79
7.2.	Pojednostavljenja pri crtanju sitnih navoja, provrta i upusta	80
<b>8.</b>	<b>IZRADA I ČITANJE CRTEŽA I SHEMA</b>	<b>81</b>
8.1.	Izrada crteža i shema	81
8.2.	Čitanje crteža i shema	84
8.3.	Simboli u tehničkom crtanju	85
8.3.1.	Pojam i podjela simbola	85
8.3.2.	Neki simboli u strojarstvu i elektrotehnici	86
<b>9.</b>	<b>PRESJECI GEOMETRIJSKIH TIJELA I RAZVIJANJE PLAŠTEVA</b>	<b>97</b>
9.1.	Mreže pravilnih geometrijskih tijela	97
9.2.	Razvijanje plašteva pravilnih geometrijskih tijela presječenih ravninom	100
9.2.1.	Kosi presjek prizme	100
9.2.2.	Presjeci piramide ravninom	102
9.2.3.	Kosi presjek stošca	105
9.2.4.	Kosi presjek valjka	105
<b>10.</b>	<b>CRTANJE STROJNIH ELEMENATA</b>	<b>107</b>
10.1.	Crtanje navoja i vijaka	107
10.2.	Crtanje podložnih pločica i matica	109
10.3.	Crtanje klinova	110
10.4.	Crtanje zavarenih spojeva	111
10.5.	Crtanje opruga	113
10.6.	Crtanje zupčanika	114
10.7.	Crtanje ležaja	115
10.8.	Prostorne predodžbe zupčanika	116

<b>11.</b>	<b>AutoCAD</b>	<b>119</b>
11.1.	Uporaba računala u konstrukcijskom uredu	121
11.2.	CAD – Computer Aided Design (projektiranje pomoću računala)	123
11.2.1.	CAD radno mjesto	124
11.2.2.	CAD radne tehnike	126
11.3.	Osnove o programu AutoCAD	127
11.3.1.	Grafički prozor AutoCAD-a	128
11.4.	Osnovna namještanja AutoCad-a	130
11.4.1.	Boja polja za crtanje	130
11.4.2.	Pozivanje i namještanje alatnih traka	131
11.4.3.	Namještanje veličine papira na kojem ćete izraditi svoj prvi crtež	131
11.5.	Osnove AutoCAD-a 2002	131
11.5.1.	Pregled rada (AutoCAD 2002 Today)	131
11.5.2.	Načini pokretanja AutoCAD-a 2002	132
11.6.	Ukratko o programu Mechanical Desktop	132
11.7.	Osnove AutoCAD-a 2004	134
11.7.1.	Pokretanje AutoCAD-a 2004	134
11.7.2.	Stvaranje novog crteža u AutoCAD-u 2004	135
11.8.	Osnove AutoCAD-a 2005, 2006 i 2007	135
11.8.1.	Pokretanje AutoCAD-a 2005 i 2006	136
11.9.	Funkcijske tipke AutoCAD-a	136
11.10.	Popis često upotrebljivanih naredbi u AutoCad-u	137
11.11.	Radni listovi za nastavu	143
1.	Pokretanje AutoCAD-a	143
2.	Koraci pri crtanju crteža detalja	143
3.	Glavni prozor AutoCAD-a	144
4.	Priprema crteža: otvaranje, zatvaranje i ponavljanje jedne naredbe	145
5.	Postavljanje granica crteža	145
6.	Pomoćna mreža (Grid)	145
7.	Ciljanje točaka mreže (Snap)	145
8.	Pomoćni alat za pravokutno crtanje (Ortho)	145
9.	Priprema crteža: postavljanje i namještanje pomoćne mreže (Grid)	146
10.	Postavljanje sloja (Layer) (1)	146
11.	Priprema crteža: postavljanje sloja (Layera) (2)	147
12.	Izbor boje sloja	147
13.	Izbor vrste i širine crte jednog sloja	147
14.	Priprema crteža: vođenje slojeva	148
15.	Odabir mjernih jedinica	148
16.	Predlošci crteža	149
17.	Koordinatni sustavi – World Coordinate System (WCS)	149
18.	Korisnički koordinatni sustav (User Coordinate System)	149
19.	2D koordinate – apsolutni koordinatni sustav	150
20.	Relativni koordinatni sustav	150
21.	Unos polarnih koordinata	150
22.	Crtanje pojedinačnih crta (Line) i 2D segmentnih linija (Polyline)	151
23.	Crtanje višekutnika (Polygon)	151
24.	Računanje razmaka (Distance)	152
25.	Vođenje prikazivanja crteža (Zoom naredbe)	152
26.	Naredba Pan Realtime	152

27.	Postavljanje kriterija za ciljanje točaka objekata (Osnap)	153
28.	Rad s pomoćnim alatom Osnap	154
29.	Crtanje kružnica (Circle)	155
30.	Crtanje kružnih lukova (Arc) (1)	157
31.	Crtanje kružnih lukova (Arc) (2)	158
32.	Prekid (Break)	159
33.	Zraka (Ray)	159
34.	Linije konstrukcije (Construction Line)	161
35.	Crtanje elipse (Ellipse)	164
36.	Brisanje objekata (Erase)	165
37.	Zrcaljenje objekata (Mirror)	165
38.	Preslikavanje objekata (Copy Object)	166
39.	Zaobljavanje uglova objekata (Fillet)	167
40.	Ukošavanje uglova objekata (Chamfer)	169
41.	Rastavljanje složenih objekata (Explode)	169
42.	Paralelne preslike skupa objekata (Offset)	170
43.	Podrezivanje dijelova objekata (Trim)	171
44.	Produživanje objekata (Extend)	174
45.	Pomicanje objekata (Move)	175
46.	Višestruko preslikavanje objekata u pravokutnom rasporedu (Array)	176
47.	Višestruko preslikavanje objekata u kružnom rasporedu (Array)	177
48.	Rotiranje objekata (Rotate)	179
49.	Razvlačenje objekata (Stretch)	180
50.	Promjena veličine objekata (Scale)	182
51.	Produživanje i skraćivanje objekata (Lengthen)	183
52.	Kopiranje svojstava objekata (Match Properties)	183
53.	Mijenjanje svojstava objekata (Properties)	184
54.	Opisivanje crteža – tekstualni stil (Text Style)	186
55.	Tekst pisan u više redaka (Multiline Text)	186
56.	Uređivanje teksta (Edit Text)	187
57.	Oblikovanje područja na crtežu (Region)	188
58.	Rad s područjima	189
59.	Zbrajanje područja (Union)	189
60.	Oduzimanje područja (Subtract)	189
61.	Isječak (Intersection)	189
62.	Šrafiranje objekata (1)	192
63.	Naredba za šrafiranje (Hatch)	192
64.	Šrafiranje objekata (2)	193
65.	Prilagođavanje svojstava šrafure	193
66.	Uređivanje šrafure	194
67.	Skiciranje u AutoCAD-u (Sketch)	196
68.	Stvaranje alatnih traka i ikona (Makro)	197
69.	Blokovi (Block)	198
70.	Stvaranje bloka s atributima (Make Block)	198
71.	Definiranje oznaka (atributa) bloka (Edit Attribute)	199
72.	Izvoz blokova	199
73.	Umetanje blokova (Insert Block)	200
74.	Umetanje izvezenih blokova pomoću simbola s alatne trake	200
75.	Promjena atributa (Edit Attribute)	201
76.	Rad s prozorom za pogled na crtež (Aerial View)	202

77.	Ljestvica povećanja (Zoom-scale)	202
78.	Prozor za pogled na crtež (Aerial View)	202
79.	Stvaranje biblioteke simbola	203
80.	Crtanje grafičkih simbola	203
81.	Stvaranje trodimenzionalnih (3D) modela	204
82.	Kreiranje krutih tijela u 3D (površinski model)	206
83.	Kontrola svjetla i pogleda na 3D modelima	207
84.	Ortogonalno (pravokutno) projiciranje (1)	211
85.	Ortogonalno (pravokutno) projiciranje (2)	212
86.	Prodori tijela u 3D	215
87.	Stvaranje potpunog prikaza predmeta (u 2D i 3D)	216
88.	Crtanje presjeka u 3D upotrebom alata Slice	218
89.	Upotreba alata Revolve za kreiranje 3D modela	221
90.	Upotreba alata Fillet pri kreiranju 3D modela	222
91.	Upotreba alata Chamfer pri kreiranju 3D modela	222
92.	Interaktivno pregledavanje 3D modela (1)	223
93.	Interaktivno pregledavanje 3D modela (2)	224
95.	Primjeri izrade crteža u 2D po fazama	225
96.	Primjeri kreiranja 3D modela po fazama	233
	<b>DODATAK: Crteži za vježbe i samostalne programe</b>	<b>245</b>
	<b>TABLICA: Navoji</b>	<b>269</b>
	<b>RJEČNIK POJMOVA AutoCAD-a</b>	<b>275</b>
	<b>LITERATURA</b>	<b>282</b>