

Машински Факултет
Универзитет у Београду

Зорана Јели
Горан Шиниковић

Инжењерска Графика

Машински Факултет
Београд

САДРЖАЈ

ПРЕДГОВОР	1
1. ЗАДАТАК И ЗНАЧАЈ ИНЖЕЊЕРСКИХ ГРАФИЧКИХ КОМУНИКАЦИЈА	2
2. ЕЛЕМЕНТИ ГРАФИЧКОГ ПРИКАЗА	4
2.1 ЛИНИЈЕ.....	4
2.2 РАЗМЕРЕ.....	8
2.3 ФОРМАТИ, ЗАГЛАВЉА И САСТАВНИЦЕ	9
2.3.1 ФОРМАТИ.....	9
2.3.2 ЗАГЛАВЉА.....	13
2.3.3 САСТАВНИЦЕ	16
2.3.4 ТЕХНИЧКО ПИСМО	18
3. ПРИКАЗИВАЊЕ ПРЕДМЕТА НА ЦРТЕЖУ.....	22
3.1 ПРИПРЕМА 3D МОДЕЛА РАЗЛИЧИТИХ ТЕХНИЧКИХ СИСТЕМА - МЕТОДОЛОГИЈА ФОРМИРАЊА МОДЕЛА	22
3.2 ВИЗУЕЛИЗАЦИЈА ПРЕДМЕТА	24
3.3 СПЕЦИФИЧНОСТИ НЕКИХ 3D ПРИКАЗА	26
3.4 ТЕХНИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА	28
3.4.1 ИНЖЕЊЕРСКЕ ГРАФИЧКЕ КОМУНИКАЦИЈЕ	28
3.4.2 ТЕХНИЧКЕ СКИЦЕ	28
3.4.2 ТЕХНИЧКИ ЦРТЕЖИ	30
4. ПОГЛЕДИ И ИЗГЛЕДИ.....	31
4.1 ОСНОВНИ ОРТОГОНАЛНИ ПОГЛЕДИ.....	31
4.2 ОСНОВНИ ОРТОГОНАЛНИ ИЗГЛЕДИ	32
4.3 ПОСЕБНИ ИЗГЛЕДИ	34
4.4 ДЕЛИМИЧНИ ИЗГЛЕДИ.....	36
4.5 СКРАЋЕНИ ИЗГЛЕДИ.....	37
4.6 ДЕТАЉИ.....	38
5. ПРЕСЕЦИ	39
5.1 ПУН ПРЕСЕК.....	42
5.2 ПОЛУПРЕСЕК	44
5.3 ДЕЛИМИЧНИ ПРЕСЕЦИ.....	45
5.4 „ДОВОЂЕЊЕ“ ЕЛЕМЕНАТА У РАВАН ПРЕСЕКА.....	47
5.5 ПРЕСЕК ПО ОДРЕЂЕНОЈ РАВНИ	53
5.6 ПРЕСЕК ЕЛЕМЕНАТА КОЈИ СЕ СПЕЦИФИЧНО ПРИКАЗУЈУ У ПРЕСЕКУ	56

5.7 ПОСЕБНИ СЛУЧАЈЕВИ ПОЛУПРЕСЕКА	59
5.7.1 ПОЛУПРЕСЕК КОД ДЕЛОВА КОЈИ ИМАЈУ ЦЕНТРАЛНУ СИМЕТРИЈУ.....	58
5.7.2 ЈОШ НЕКА ПРАВИЛА ПРИМЕНЕ ПОЛУПРЕСЕКА.....	61
5.8 ПРОФИЛНИ ПРЕСЕЦИ	61
6. ПРИКАЗИВАЊЕ НАВОЈА	67
6.1 ЗАВОЈНИЦА	67
6.2 НАВОЈ	68
6.3 НАВОЈНИ ПАР (завртањ-навртка)	70
6.4 УПРОШЋЕНО ПРИКАЗИВАЊЕ НАВОЈА	72
7. КОТИРАЊЕ	76
7.1 ФУНКЦИЈА КОТА	76
7.2 ЕЛЕМЕНТИ КОТИРАЊА.....	79
7.3 ОЗНАЧАВАЊЕ КОТА НА ЦРТЕЖУ	84
7.4 ПОСТАВЉАЊЕ КОТА НА ЦРТЕЖУ.....	85
7.4.1 ПОЛОЖАЈ КОТА И КОТНИХ БРОЈЕВА НА ЦРТЕЖУ.....	87
7.5 КАРАКТЕРИСТИЧНИ ОБЛИЦИ И ДЕТАЉИ.....	88
7.6 МЕТОДЕ КОТИРАЊА	93
7.6.1 РЕДНО КОТИРАЊЕ.....	93
7.6.2 ПАРАЛЕЛНО КОТИРАЊЕ (ПОЧЕВ ОД ЗАЈЕДНИЧКОГ ЕЛЕМЕНТА).....	95
7.6.3 КОМБИНОВАНО КОТИРАЊЕ	97
7.7 КОТИРАЊЕ СПЕЦИФИЧНИХ ЕЛЕМЕНАТА.....	98
7.7.1 ЗАКОШЕЊА И УПУШТЕЊА.....	98
7.7.2 КОТИРАЊЕ ПРЕДМЕТА СА ДЕЛОМ КОЈИ СЕ ПРИКАЗУЈЕ КРУГОМ.....	99
7.7.3 ЖЛЕБОВИ И КЛИНОВИ.....	101
7.7.4 КОТИРАЊЕ НАВОЈА	102
7.7.5 ТЕТИВЕ, ЛУКОВИ И УГЛОВИ.....	104
7.7.6 КОТИРАЊЕ ПРОФИЛА	105
7.7.7 КОТИРАЊЕ ТАНКИХ ПРЕСЕКА	107
7.8 СПЕЦИФИЧНОСТИ КОТИРАЊА ОДРЕЂЕНИХ ЕЛЕМЕНАТА ПРЕДМЕТА	108
7.9 КОТИРАЊЕ ДЕТАЉА КОЈИ СЕ ПОНАВЉАЈУ.....	110

7.10	КОТИРАЊЕ РАЗВИЈЕНИХ ИЗГЛЕДА И ПОВРШИНА СА ПОСЕБНИМ ЗАХТЕВИМА.....	114
7.10.1	КОТИРАЊЕ РАЗВИЈЕНИХ ИЗГЛЕДА	114
7.10.2	КОТИРАЊЕ ПОВРШИНА СА ПОСЕБНИМ ЗАХТЕВИМА.....	116
7.11	ПОВЕЗАНОСТ ПРОЦЕСА КОТИРАЊА СА МЕТОДОЛОГИЈОМ ФОРМИРАЊА МАШИНСКОГ ДЕЛА	117
8.	ПРЕДСТАВЉАЊЕ ДЕЛОВА И ЊИХОВИХ ДЕТАЉА	121
8.1	ЕЛЕМЕНТИ КОЈИ СЕ ПОНАВЉАЈУ	121
8.1.1	ПРИКАЗ ДЕТАЉА КОЈИ СЕ ПОНАВЉАЈУ КОД СЛОЖЕНИХ ГЕОМЕТРИЈСКИХ ТЕЛА	121
8.1.2	КОТИРАЊЕ ДЕТАЉА КОЈИ СЕ ПОНАВЉАЈУ.....	125
8.2	ЗУПЧАНИЦИ И ЛАНЧАНИЦИ.....	127
8.2.1	ПРИКАЗ ЗУПЧАНИКА.....	128
8.2.2	ПРИКАЗ ЛАНЧАНИКА	136
9.	АКСОНОМЕТРИЈА	138
9.1	ИЗОМЕТРИЈА	139
9.2	ДИМЕТРИЈА.....	147
9.3	ОРТОГОНАЛНА АКСОНОМЕТРИЈА.....	149
10.	ОЗНАЧАВАЊЕ СТАЊА ПОВРШИНА	151
10.1	ХРАПАВОСТ ПОВРШИНА.....	151
10.2	ОЗНАКЕ КВАЛИТЕТА ХРАПАВОСТИ	152
10.3	ОЗНАЧАВАЊЕ ХРАПАВОСТИ НА ЦРТЕЖИМА.....	156
11.	ФОРМИРАЊЕ ТЕХНИЧКЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ ТЕХНИЧКОГ СИСТЕМА	160
11.1	СКЛОП ТЕХНИЧКОГ СИСТЕМА.....	160
11.2	СНИМАЊЕ МАШИНСКИХ ДЕЛОВА (REVERSE ENGINEERING).....	163
11.2.1	МЕРЕЊА МЕРНИМ ИНСТРУМЕНТИМА	167
12.	ПРИКАЗИВАЊЕ ЗАВАРЕНИХ ШАВОВА.....	173
12.1	ОПШТЕ ОЗНАКЕ	173
12.2	ОЗНАЧАВАЊЕ СПОЈЕВА	173
13.	ПРИКАЗИВАЊЕ ОПРУГА	182
14.	ТОЛЕРАНЦИЈЕ ОБЛИКА И ПОЛОЖАЈА.....	186
15.	ЛИТЕРАТУРА	191

ПРЕДГОВОР

Уџбеник „Инжењерска графика“ првенствено је намењен студентима машинских факултета, али и студентима осталих факултета и школа које имају додирне тачке са машинском техником. Не улазећи дубље у материјал научних дисциплина са којима је инжењерска графика у вези, у овом уџбенику се налази материјал који је неопходан да се ова дисциплина научи и користи у техничкој комуникацији.

Читаоци ће се упознати са принципима приказивања предмета, методама обликовног, димензионог, обрадног дефинисања предмета у машинству, употребом стандардних прописа за комплетан приказ одређеног техничког објекта – машинског дела и склопа. Такође, корисници уџбеника биће у могућности да у потпуности савладају методе разумевања техничких цртежа, као и методе правилног и опште прихватљивог начина изражавања у инжењерским комуникацијама.

Пошто не постоји шаблон или прецизно дефинисан начин приказивања и дефинисања предмета на цртежу, сваки цртеж је лични, ауторски рад. Уџбеник се бави методом образовања будућих инжењера да, у оквиру своје креативности, формирају техничке цртеже које ће остали корисници јасно, прецизно и недвосмислено разумети. Процес дефинисања предмета је много комплекснији од саме технике техничког цртања. Желимо да будуће конструкторе припремимо да своје идеје преточе у опште разумљиве цртеже на основу којих се могу недовосмислено и прецизно формирати технички системи.

Уџбеник се бави традиционалним методама техничког приказа, али и савременим методама које се базирају на све већој употреби рачунарске технике. Креативни конструкторски рад се тренутно заснива и на једним и на другим методама.

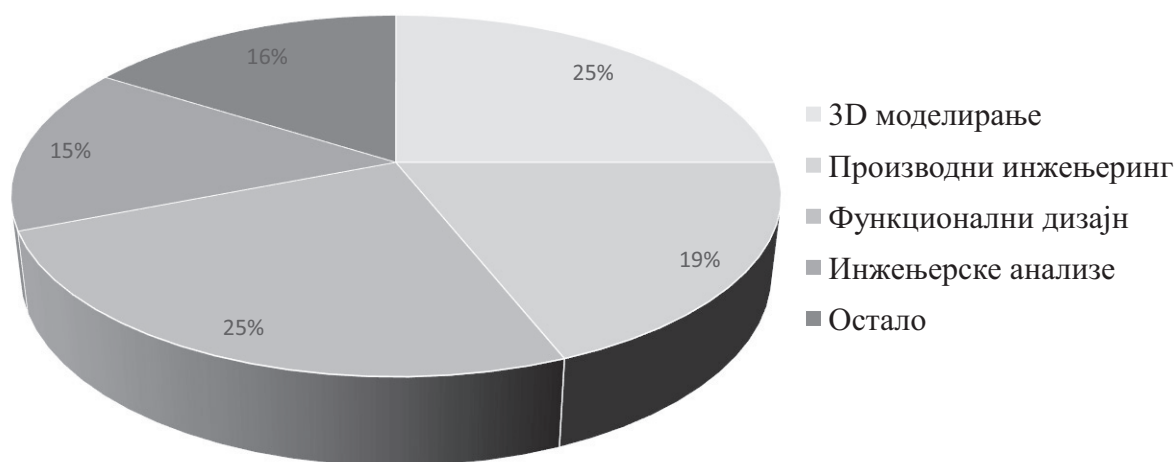
Захваљујемо се се М.Сс. Косић Борису на уложеном труду при техничкој обради слика. Такође, захваљујемо се Кантар Николи и Кантар Стеву из фирме К2М за позајмицу мерних инструмената и алата за фотографије које смо користили у овом уџбенику.

1. ЗАДАТАК И ЗНАЧАЈ ИНЖЕЊЕРСКИХ ГРАФИЧКИХ КОМУНИКАЦИЈА

Шта је графичка комуникација? Као прво, то је веома ефикасно средство комуникације између техничких идеја и коначног решења проблема у инжењерству. Наиме, процес инжењерског пројектовања (дизајна) почиње визуелизацијом, односно сагледавањем проблема и могућих решења. Затим, скицирањем се долази до припреме иницијалних идеја. Следи прављење геометријских модела, који се користе за разне инжењерске анализе. Коначно, формирају се детаљни цртежи и/или 3D модели, који се користе за потребе производног процеса. Визуелизација, скицирање, моделирање и припрема техничке документације су начини којима инжењери и технолози комуницирају при прављењу нових производа и структура у савременом техничком свету.

Графичка комуникација, која се врши путем инжењерских цртежа и модела, јесте чист, практичан језик са дефинисаним правилима који треба да буде савладан ако неко жели да буде успешан у инжењерском пројектовању (дизајнирању). Када се тај језик савлада, могуће је прићи решавању сваког инжењерског проблема.

У инжењерству 92% дизајнерског процеса се базира на графичком приказу. Осталих 8% подељено је између математичких прорачуна и писане и усмене комуникације. На слици 1.1 [1] је графички приказ процентуалне потрошње времена које инжењер користи приликом дизајнирања и пројектовања новог производа. Као што је очигледно, 50% времена је потрошено за чисто визуелне и графичке активности.



Слика 1.1 – Приказ потрошње времена проведеног у развоју новог производа.^[1]

Ради прецизности у комуникацији инжењери користе графичке алате, од којих су неки вековима стари и користе се дан-данас, док су други веома нови и условљени убрзаним развојем рачунарске технике, као на пример CAD системи (*Computer Aided Design*).

Један од важних циљева које треба сваки конструктор да оствари јесте успостављање суштинске везе теоретских знања из различитих области машинства (механика, теорија механизма, теорија еластичности, метода коначних елемената итд.) са одговарајућим алатима, процедурама и функцијама компјутерских апликација које се заснивају на овим знањима. Једино кроз интеракцију теоријских дисциплина и метода са њиховим одговарајућим компјутерским моделима и софтверским симулацијама могуће је остварити употребљив и реалности близак резултат.

Међусобна комуникација људи одвија се вишеструко: путем језика, писаног текста, симбола или графике, односно, људи говоре, пишу или цртају. Многа примитивна друштва нису напредовала до нивоа сталног записа. Све комуникације у већем делу историје вршиле су се усмено. Усмено изражавање је први облик човековог комуницирања са околином. Деца се уче гласовном изражавању пре него што напуне две године.

Током школовања стичу се способности комуницирања писаним путем. Тако се стичу способности читања и писања, што је највише употребљаван начин комуникације. У ову област комуникације се вешто инфилтрира и комуникација путем симбола.

Графика је такође веома важан облик комуникације. Све графичке форме су веома важне за комуникацију међу инжењерима у свим областима технике. Инжењерска графика је језик којим се служе инжењери да би пренели идеје и информације потребне за конструисање техничких уређаја и система. Овај језик укључује цртеже, скице, планове, распореде, дијаграме, напомене и инструкције. Графика у инжењерству има три главна циља, а то су:

- анализа и приказ конструкције,
- пренос информација о конструкцији,
- запис тока развоја конструкције и свих замена у њој.

Инжењерска графика је мост којим се техничке, дизајнерске и сл. идеје преводе у стварност. Тешко је замислити савремено друштво без ње, шта-више велики део савремене индустрије не би ни настао или би престао да постоји.

2. ЕЛЕМЕНТИ ГРАФИЧКОГ ПРИКАЗА

Иако је сваки технички цртеж по својој природи ауторско дело, неопходно је да се пре израде било ког типа техничке документације уведу нека „правила“ по којима би цртежи били недвосмислено препознатљиви свим корисницима (конструкторима, произвођачима, корисницима и сл.). Ради постизања „универзалности“ графичке комуникације, уведени су одређени стандарди у области инжењерске графике. У овом уџбенику биће дефинисани сви елементи стандарда који се односе на графички приказ (техничке цртеже). Ово поглавље се односи на стандарде у техничком цртању [12] који су неопходни да би се приступило процесу конструисања, док ће остали стандарди бити разјашњени у поглављима која се односе на одређене методе графичког приказа. Стандарди су законске норме у које конструктор мора да се уклопи, све остало је слободна, ауторска воља конструктора.

2.1 ЛИНИЈЕ

За приказивање и дефинисање предмета на цртежима користи се више врста линија. Свака врста линије је прецизно дефинисана стандардима и има своју намену.

Линије, које се користе у машинском техничком цртању, по својој намени могу се сврстати у неколико група:

- линије којима се приказују основни облици предмета, како видљиви тако и заклоњени (контуре, ивице, имагинарни продори),
- линије које се користе за потпуније одређивање облика предмета (осе пуне или делимичне симетрије, ознаке пресека, скраћења...),
- линије за димензионо и обрадно дефинисање предмета (котне и помоћне котне линије, знаци обраде...),
- линије за додатно објашњење цртежа (контуре суседних делова, путање или међуположаји појединих елемената, тежишне линије, контуре претходних облика...).

Све линије које се користе за дефинисање приказа елемената техничког дела или система на техничком цртежу, сврстане су у десет основних типова са укупно два степена дебљине. У табели 2.1 приказани су типови линија са описом истих и наводима опште примене. Словно-бројчане ознаке у табели, у колони „Општа примена“, неформалне су и дате су ради једноставнијег размевања примера на цртежима. На сликама 2.2-2.6 дати су примери употребе различитих врста линија.

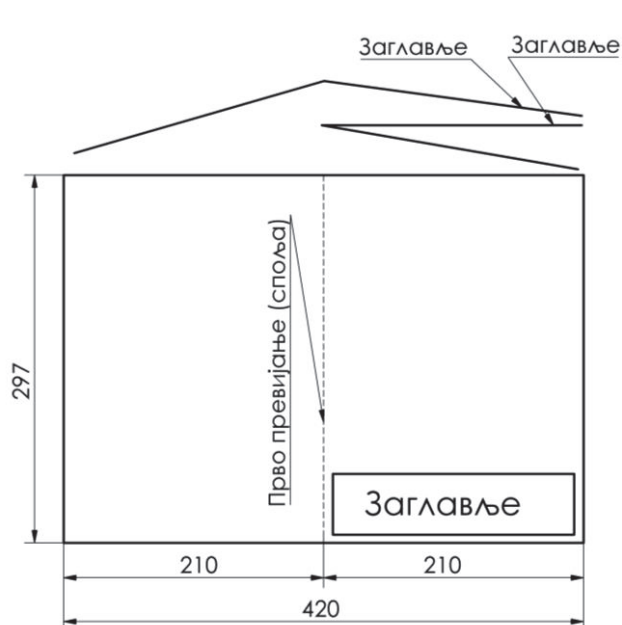
Однос између дебеле и танке линије не сме бити мањи од 2:1.

Дебљине линија се бирају из низа:

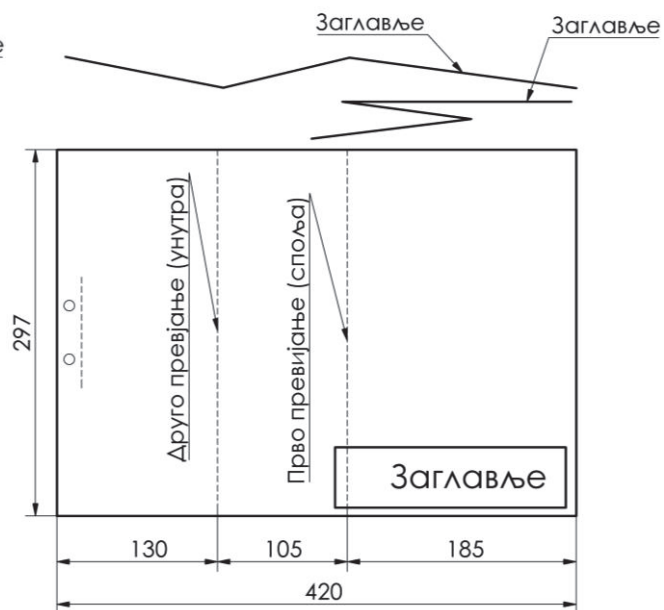
0,13 0,18 0,25 0,35 0,5 0,7 1 1,4 и 2

према потреби. У машинству се препоручује комбинација 0,5 mm – дебела линија са 0,25 mm – танка линија (евентуално 0,7 са 0,35).

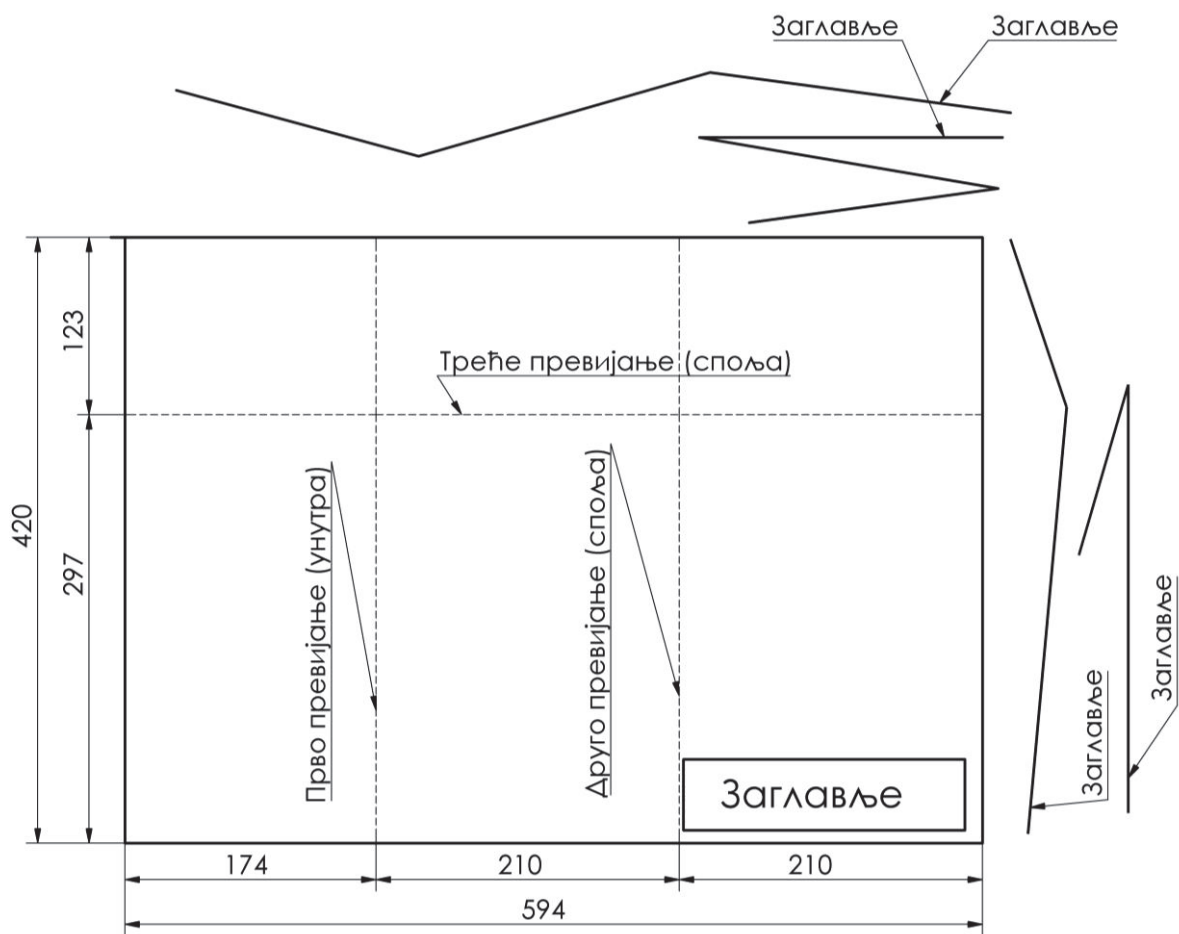
Минимално растојање између две паралелне линије, укључујући и шрафуру, не сме износити мање од двоструке дебљине дебље линије. Такође, овај размак не сме бити мањи од 0,7 mm. Контуре два суседна дела треба да се преклапају. Изузетак су танки тамни пресеци (слика 2.1), код којих се шрафура због дебљине претвара у затамњену површину.



Слика 2.12 – Превијање формата А3 за одлагање у фасциклу без механизма.



Слика 2.13 – Превијање формата А3 за одлагање у фасциклу са механизмом (регистратор и сл.).

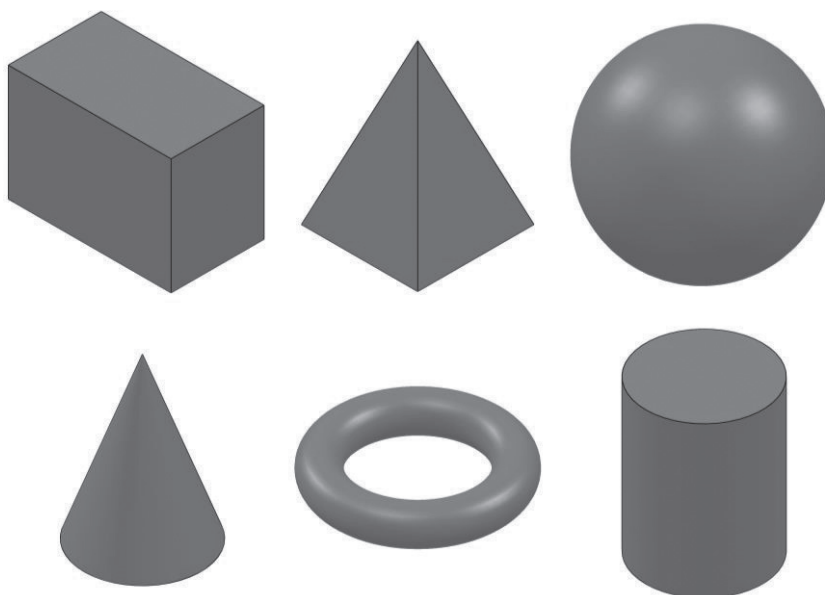


Слика 2.14 – Превијање формата А2 за одлагање у фасциклу без механизма.

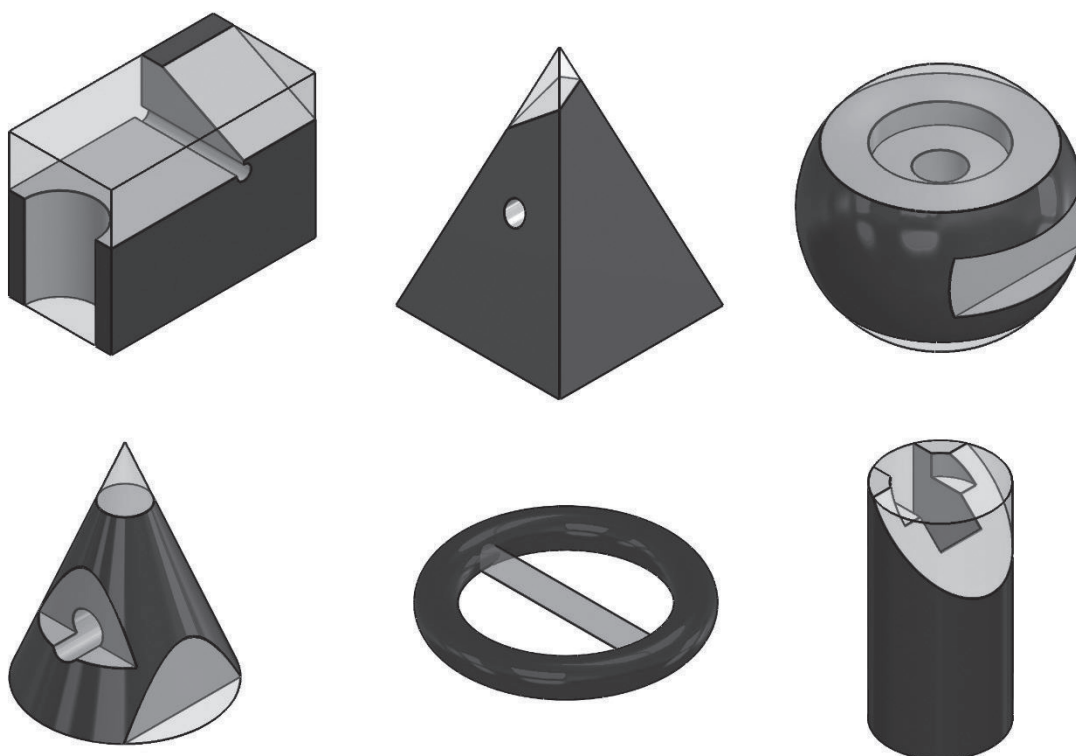
3. ПРИКАЗИВАЊЕ ПРЕДМЕТА НА ЦРТЕЖУ

3.1 ПРИПРЕМА 3D МОДЕЛА РАЗЛИЧИТИХ ТЕХНИЧКИХ СИСТЕМА – МЕТОДОЛОГИЈА ФОРМИРАЊА МОДЕЛА

3D модел је скуп запреминских и површинских информација које га формирају. Већина модела може бити описана математички, коришћењем основних геометријских облика (слика 3.1): призме (специфичан случај – коцка), пирамиде, лопте, конуса, турса (прстена) и цилиндра. Спајањем и одузимањем ових облика добијају се компликованији модели различитих техничких елемената/система (слика 3.2).



Слика 3.1 – Основни геометријски облици (призма, пирамида, сфера, конус, торус и цилиндар)^[2]

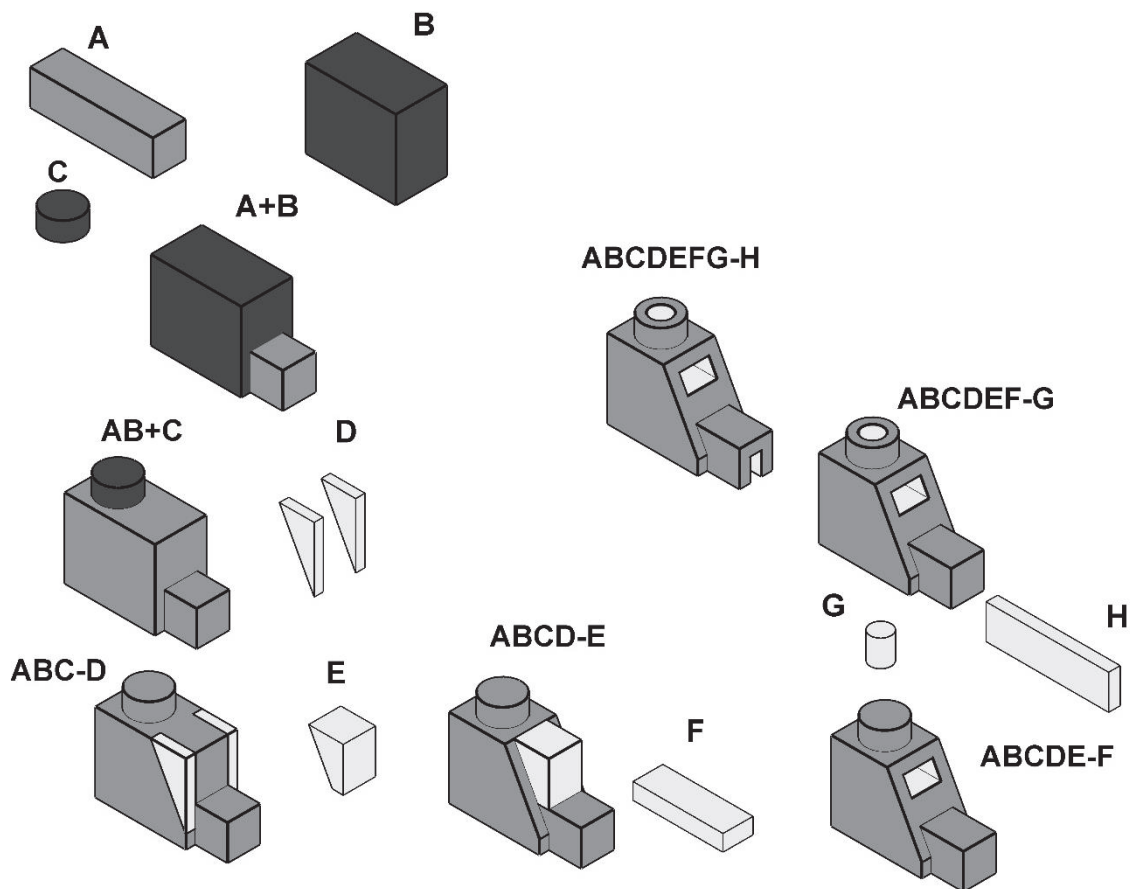


Слика 3.2 – Основни геометријски облици у композицији са осталим основним облицима.

Важна је чињеница да је „3D предмет“ (који се види на монитору), у суштини само дводимензионални приказ слике, која у људском мозгу даје илузију треће димензије и зато је прецизније да се назива виртуелни 3D модел. Употребом различитих софтверских пакета виртуелни 3D модел може у доброј мери да замени физички модел за различита испитивања.

Да би виртуелни 3D модел функционисао у даљим анализама исправно, неопходно је правилно формирати иницијалне елементе модела/склопа. Очигледно је са су технички системи скупови више елемената, односно, сваки технички систем је склоп више техничких делова. Сваки део система се формира као одвојен 3D модел, а затим се ти модели склапају у целину (3D склоп). Неопходно је да сваки 3D модел машинског дела буде формиран исправно.

Најсигурнији, можда у првом моменту наизглед не најједноставнији начин формирања основног 3D модела, јесте прављење модела од основних геометријских форми. Зашто констатација „*можда у првом моменту не најједноставнији*“? Наиме, скоро два века, у инжењерским графичким комуникацијама се користи раванско, 2D, приказивање техничких елемената и система. Инжењери и корисници стекли су навику таквог размишљања, приказа и комуникације. Наизглед се чини да је једноставније основи компликоване контуре (компликованијој директриси) додавати трећу димензију (што је разумљиво за инжењере који су дуго били приморани да размишљају у 2D где су све контуре биле раванске). Технолошким развојем, компјутерске 3D моделе је могуће правити директно, без формирања основне 2D контуре. Цео систем размишљања се поједностављује, а 3D модели се формирају употребом основних геометријских облика. На слици 3.3 је приказан пример формирања облика једног машинског дела. Слика садржи и математичке релације формирања графичког модела.



Слика 3.3 – Добијање машинског дела композицијом основних геометријских облика.

Неопходно је дефинисати још неколико специфичности које су везане за изометријске приказе неких елемената на виртуелном 3D моделу. Приликом приказа унутрашњих цилиндричних рупа и отвора постоји могућност да се нека основна геометријска тела не виде баш најпрецизније. Ради лакшег разумевања на сликама 3.10 и 3.11 приказани су конусни и цилиндрични усек на вертикалном цилиндричном отвору. На слици 3.10 је конусни усек одозго на цилиндричном отвору. Јасно се виде две елипсе од којих елипса која је нижа има мање пречнике (очигледно је конус). На слици 3.11 је цилиндрични усек на вертикалном цилиндричном отвору. Постоје две елипсе истих пречника, само на различитим висинама и елипса мањег пречника на висини ниже, веће елипсе (а на доле до призматичног отвора, отвор је цилиндричан). Ако се на изометријском приказу не виде овакви прикази, отвор је цилиндричан целом својом дужином

3.4 ТЕХНИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА

3.4.1 ИНЖЕЊЕРСКЕ ГРАФИЧКЕ КОМУНИКАЦИЈЕ

Графика је веома важан облик инжењерске комуникације. Све графичке форме су веома важне за комуникацију међу инжењерима у свим областима технике. То је универзални језик који разумеју сви инжењери и корисници инжењерских решења без обзира на језик којим комуницирају.

Инжењерска графика је језик којим се служе инжењери да би пренели идеје и информације потребне за конструисање техничких уређаја и система. Овај језик укључује цртеже, скице, планове, распореде, дијаграме, напомене и инструкције. Графика у инжењерству има три главна циља, а то су:

- анализа и приказ конструкције,
- пренос информација о конструкцији,
- запис тока развоја конструкције и свих замена у њој.

Инжењерска графика укључује формалне цртеже и неформалне скице, све дијаграме и планове, а понекад и односе нефизичких идеја, уколико те релације могу бити графички приказане.

Инжењери непрестано користе неформално цртање или скицирање – „разговор оловком и папиром“ и углавном се ова врста комуникације савлађује без класичне обуке. Током историје, посебно у последње време, а проузроковано технолошким напретком у области компјутерске графике и рачунара, ова врста комуникације добија на значају. Наиме, идеја се даје у облику слободоручне скице, а комплетан процес пројектовања се врши посредством рачунара и 3D софтвера.

Инжењерска графика је мост којим се техничке, дизајнерске и сл. идеје превode у стварност. Тешко је замислити савремено друштво без ње, штавише, велики део савремене индустрије не би ни настао или би престао да постоји.

3.4.2 ТЕХНИЧКЕ СКИЦЕ

Скицирање је најједноставнији облик инжењерских цртежа. Оно се користи да би се брзо развиле идеје и пренеле другима. Добра скица треба да садржи три основне карактеристике: брзо се црта, једноставна је и лако се тумачи. За скицирање није потребно ништа друго осим оловке и папира. Када се обавља без помоћног прибора, зове се слободоручно скицирање. Дотерано и више формализовано скицирање постаје техничко цртање, које је сасвим различито и користи се у друге сврхе. Важно је правити разлику између те две активности. Вежбањем би требало да се развије способност и техника скицирања, док се дотеран цртеж ради по потреби. У супротном, дотеривање

развој система за техничко цртање и графичко изражавање. Оно постоји и не види се коначан временски рок када би престало да постоји, без ограничења принципима који се примењују у области графичких комуникација.

Наведено је доказано на неколико водећих светских универзитета. Основна филозофија новог приступа графичким комуникацијама лежи у схватању да моделирање тела служи као полазна тачка за представљање техничког система, визуализацију, анализу напрезања и производњу машинских делова, и коначно за формирање техничке документације. Према овој филозофији, обука корисника обавезно садржи и област слободоручног скицирања која се врши у четири фазе:

1. скицирањем, којим се олакшава овладавање 2D конструисањем, које пак представља основу за пројектовање 3D модела техничког система;
2. просторним скицирањем, које помаже у обуци за геометријско моделирање техничког система на рачунару;
3. скицирањем пројекција са пресецима и димензијама у фази припреме техничке документације на основу 3D модела;
4. реконструкцијом неких делова техничког система, снимање делова система, скицирање и реверзибилна израда техничке документације (детаљније је дефинисано у Поглављу 11.2).

Методе слободоручног скицирања су детаљније објашњене у Поглављу 11.2.

3.4.2 ТЕХНИЧКИ ЦРТЕЖИ

Технички цртежи су графички прикази на основу којих се израђују машине, конструкције, елементи и технички системи. Они се деле на:

- **Детаљне (радионичке) цртеже**, који приказују компоненте, материјал од кога би требало да се направе, њихове димензије и друге информације (као нпр. ко их је конструисао, одобрио и сл.)
- **склопне цртеже**, који приказују начин на који су компоненте склопљене, и
- **просторне цртеже**, односно аксонометријски приказ објекта (машинских делова и система).

Поступак саопштавања техничких и научних идеја и концепција спроводи се тако да остаје мало простора за грешку. Овај „језик“ садржи доста општеприхваћених поступака, правила и метода, које корисници проучавају и користе.

Техничко цртање се заснива на принципима нацртне геометрије, односно на пројектовању за приказивање просторног елемента у равни цртежа, а све у комбинацији са прописима, који су озваничени националним и међународним стандардима у циљу поједностављења, упрошћавања и прилагођавања техници овог приказа. Техничко цртање није уметничко цртање и само по себи је посебна дисциплина која има сопствену логику, па се као таква учи и може се научити. У наредним поглављима биће детаљно објашњени принципи, логика и правила техничког цртања. Ова дисциплина се ослања на стандарде који важе у одређеној држави и територији. Уџбеник „Инжењерска графика“ ослањаће се на стандарде који важе на територији Републике Србије и Европе.

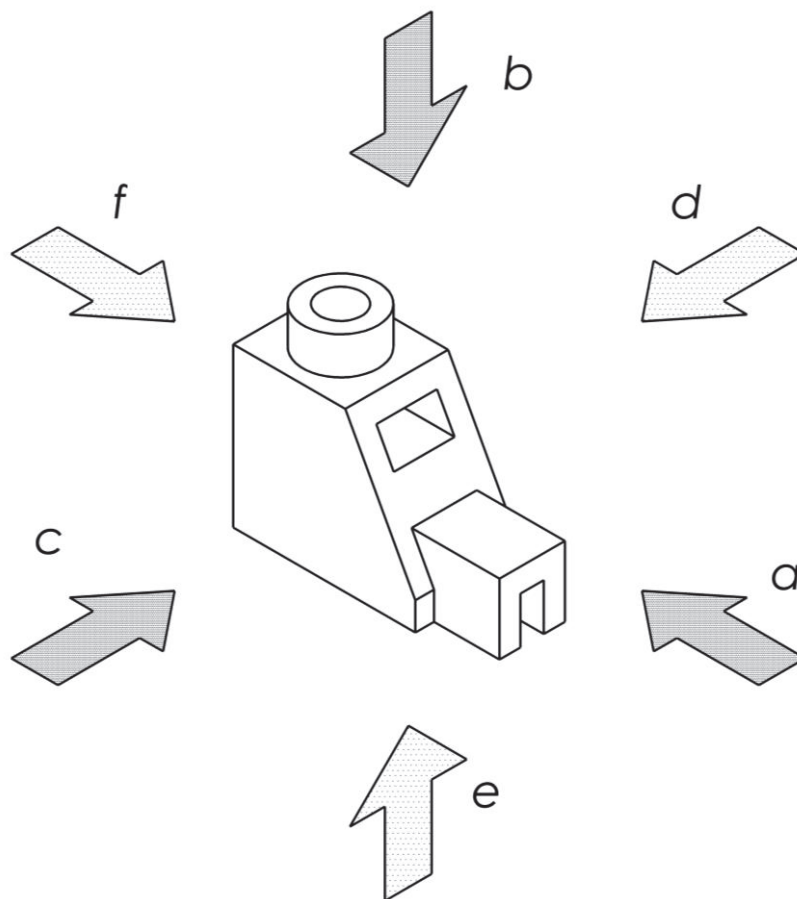
У наредним поглављима биће детаљно дефинисане методе и правила израде техничких цртежа. Сва правила техничког изражавања, обликовног, димензионог и обрадног дефинисања предмета биће детаљно разјашњена и објашњена.

4. ПОГЛЕДИ И ИЗГЛЕДИ

4.1 ОСНОВНИ ОРТОГОНАЛНИ ПОГЛЕДИ

Да би се техничка документација формирала на начин који је разумљив свим корисницима без обзира на поднебље на коме живе и језик комуникације, неопходно је да се науче универзална правила која важе у формирању техничких цртежа. Предмет Инжењерска графика бави се изучавањем ових правила.

Први корак је сам приказ неког машинског дела/склопа/техничког система. Током наставе из предмета Конструктивна геометрија и графика били су изучавани положаји тела у простору и њихово пројектовање на задате равни. Ради унификације приказа и једноставности разумевања истих на глобалном нивоу, уведена су правила која наводе корисника да предмет пројектује на раван која је по одређеним правлима постављена у простору. Тако добијамо ортогоналне (2D) или аксонометријске (3D) пројекције – изгледе предмета. У овом поглављу биће детаљно објашњено ортогоналано (2D) пројектовање машинских делова/склопова/техничких система на раван листа/монитор рачунара на коме се техничка документација изводи.



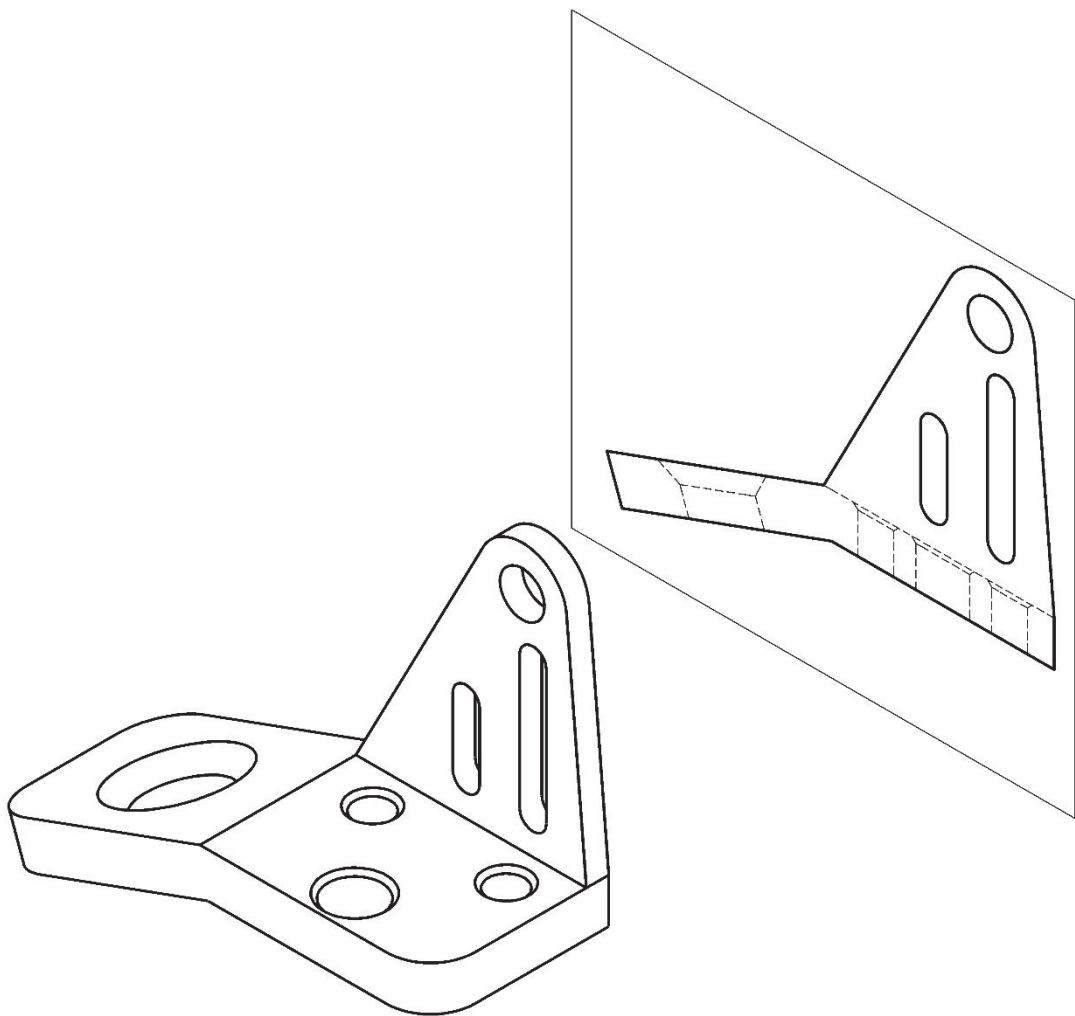
Слика 4.1 – Распоред шест основних погледа.

Неопходно је дефинисати два појма која се често користе у изради техничке документације: поглед и изглед. Када треба да се осмотри неки предмет, корисник га у простору поставља у положај из кога му је најјасније да види што више корисних информација о истом, а затим га гледа из унапред задатих праваца, и то је **поглед**. Оно што се том приликом приказује на равни (лист папира, слика на монитору рачунара и сл.) јесте пројекција предмета на одређену раван и то је **изглед** предмета на равни.

5. ПРЕСЕЦИ

Приликом прегледа типова линија које се користе у машинству дефинисано је да се линије типа *E* или *F* (табела 2.1, Поглавље 2) користе за приказивање заклоњених контура и отвора у ортогоналним изгледима. Предмет, који је приказан на такав начин, постаје привидно „прозрачан“ и препознатљив. Овакво дефинисање облика предмета може да се изведе са најмањим бројем изгледа.

Приказивање машинског дела овом методом може да буде непрегледно у случају да део има више сложених геометријских форми и већи број шупљина и/или отвора у различитим равнима (слика 5.1). Тада се појављује мрежа испрекиданих линија коју је веома тешко разумети и доводи у питање исправно „читање“ цртежа. Унутрашње контуре могу да буду у различитим равнима, али је у оваквој врсти пројекције немогуће одредити тачно којој равни припадају. Такође, овако приказан предмет је немогуће димензионо дефинисати, јер постоји правило да помоћна котна линија никако не сме да полази од испрекидане линије.

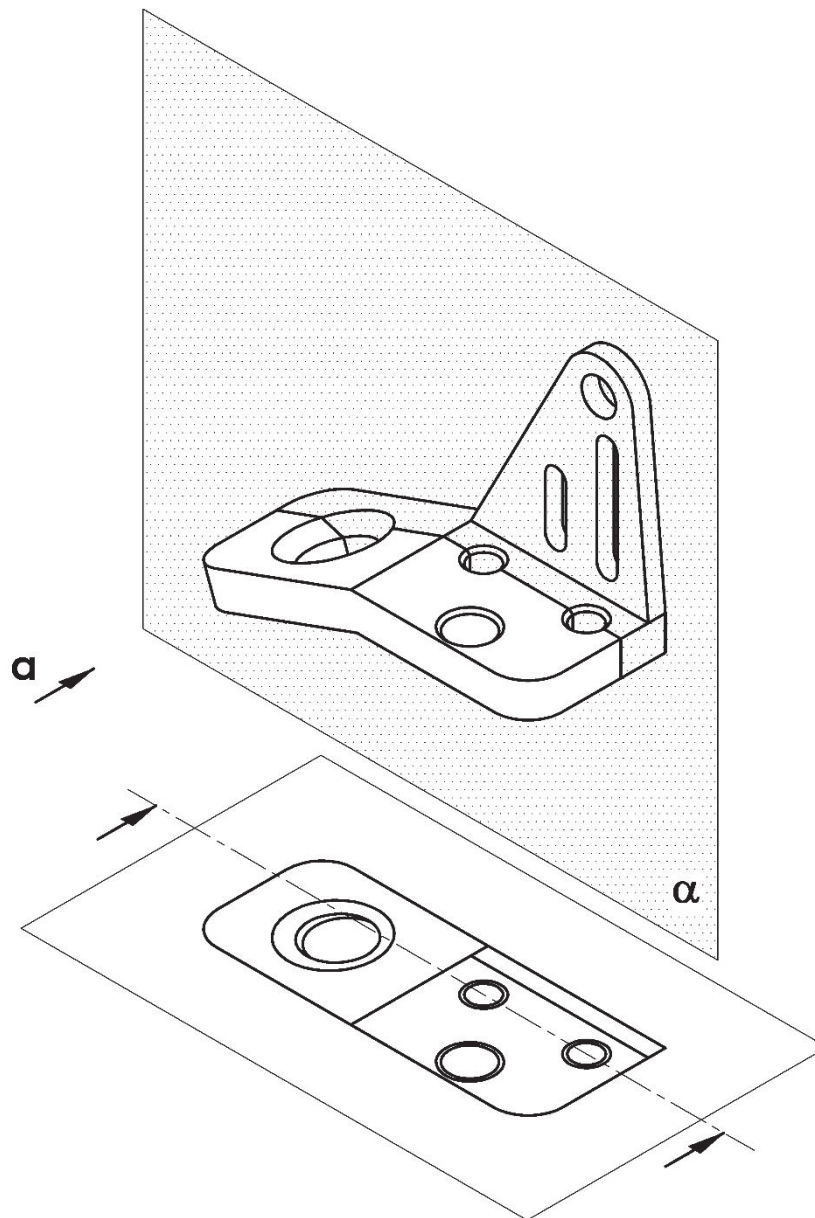


Слика 5.1 – Цртеж предмета са више шупљина приказан методом „прозрачности“ може да буде неразумљив.

Предмет – машински део/систем може да се прикаже методом „замишљених пресека“. Ова метода је највише заступљена у инжењерској пракси и то је сигуран начин да неки предмет може да буде разумљиво приказан. На овај начин цртеж се ослобађа

испрекиданих линија и све контуре које се не виде у неком од изгледа могу селективно да се прикажу. Сам назив методе говори да део није реално исечен, већ да је пресек извршен само замишљено, фиктивно, што значи да се део не исеца реално и да се на осталим изгледима чувају све контуре.

Сада се разматра пресек предмета који је приказан на слици 5.1. Замишљено је да је део пресечен са равни α као што је приказано на слици 5.2. На пројекцији машинског дела на хоризонталну раван дат је траг равни пресека и стрелице које показују правац гледања пресека. Такође, дат је правац α посматрања замишљеног пресека предмета. У овом случају изабрана је раван замишљеног пресека у којој се види највећи број отвора.



Слика 5.2 – Предмет замишљено пресечен са равни α , по жељеним шупљинама.

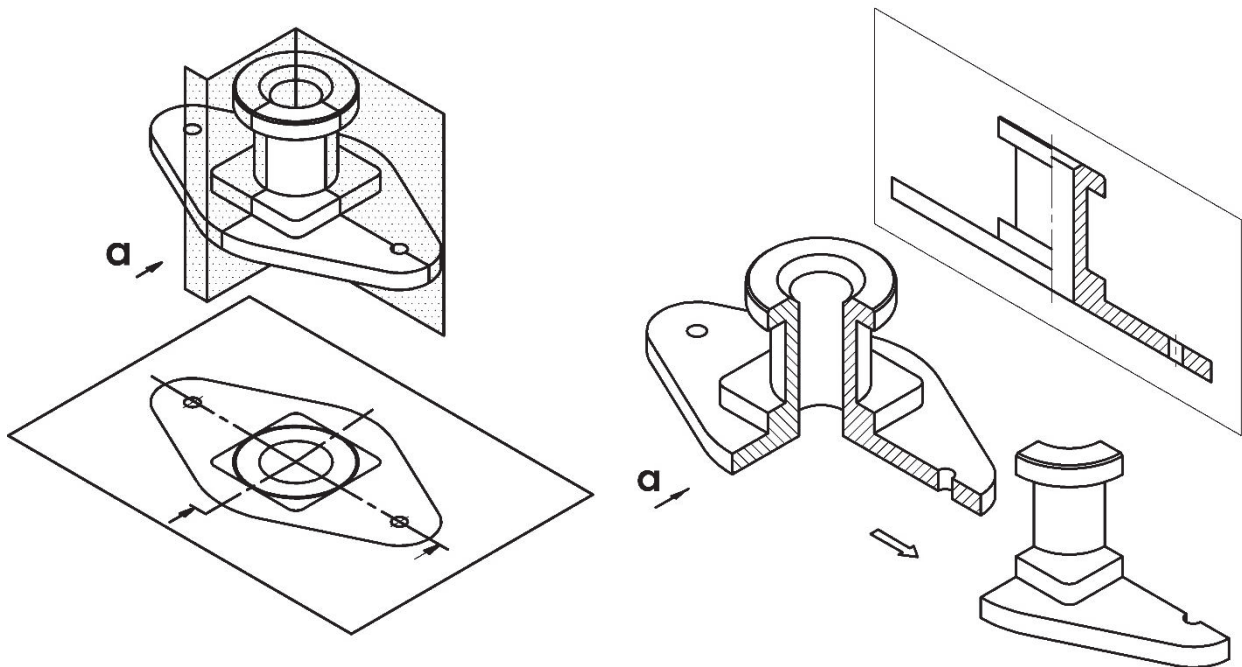
Када се уклони одсечак који се замишљено налази испред пресечне равни α (слика 5.3), отвори, шупљине и контуре постају видљиве. Изглед „остатка“ предмета, сходно раније наведеном, даје се у равни β , постављеној иза предмета паралелно са пресечном равни α .

Изглед у равни β је **ИЗГЛЕД ПРЕДМЕТА У ЗАМИШЉЕНОМ ПРЕСЕКУ**, односно, како се назива у инжењерској пракси, **ПРЕСЕК** (слика 5.3).

После формирања пуног пресека добија се технички цртеж на ком ће предмет, фиктивно исечен по равни симетрије, бити приказан у три основна изгледа (слика 5.8) или мање. Очигледно је да је први изглед замењен пуним пресеком, а остали изгледи су задржали свој изглед. У оквиру овог пуног пресека приказани су сви отвори и шупљине и нема потребе да се приказују додатни пресеци на осталим изгледима.

5.2 ПОЛУПРЕСЕК

Полупресеци су специјални видови пуног пресека који се примењују код предмета који имају најмање две међусобно управне равни симетрије. Једна од те две управне равни симетрије се користи као пресечна раван, док се друга раван користи као помоћна за формирање полупресека. Полупресек се може применити и на деловима који у основи задовољавају захтев да имају две управне равни симетрије, а садрже детаље (рупе, отворе, шупљине, упусте, ребра и сл.) постављене тако да су обухваћени основним раванским симетријама. Такви детаљи морају да буду симетрично распоређени око оса које су добијене пресеком основних равни симетрије.



Слика 5.9 – Полупресек по равнима симетрије (пресек је само замишљен).

Пошто је полупресек посебни вид пуног пресека, он мора да се врши искључиво по равнима симетрије. Положај равни пресека не сме да има словну ознаку, јер је и у овом случају недвосмислен. На слици 5.9 приказан је метод добијања полупресека на делу који има две равни симетрије.

После формирања полупресека добија се технички цртеж на ком ће предмет, фиктивно исечен по равнима симетрије, бити приказан у три основна изгледа (слика 5.10). Очигледно је да је први изглед замењен полупресеком, а остали изгледи су задржали свој изглед. У оквиру овог полупресека су приказани сви отвори и шупљине и нема потребе да се приказују додатни пресеци на осталим изгледима.

Делимичан пресек никако не сме да се примени на полупресеку. Ово проистиче из чињенице да је полупресек специфичан случај пуног пресека и полупресек сам по себи обухвата цео изглед (слика 5.13).

6. ПРИКАЗИВАЊЕ НАВОЈА

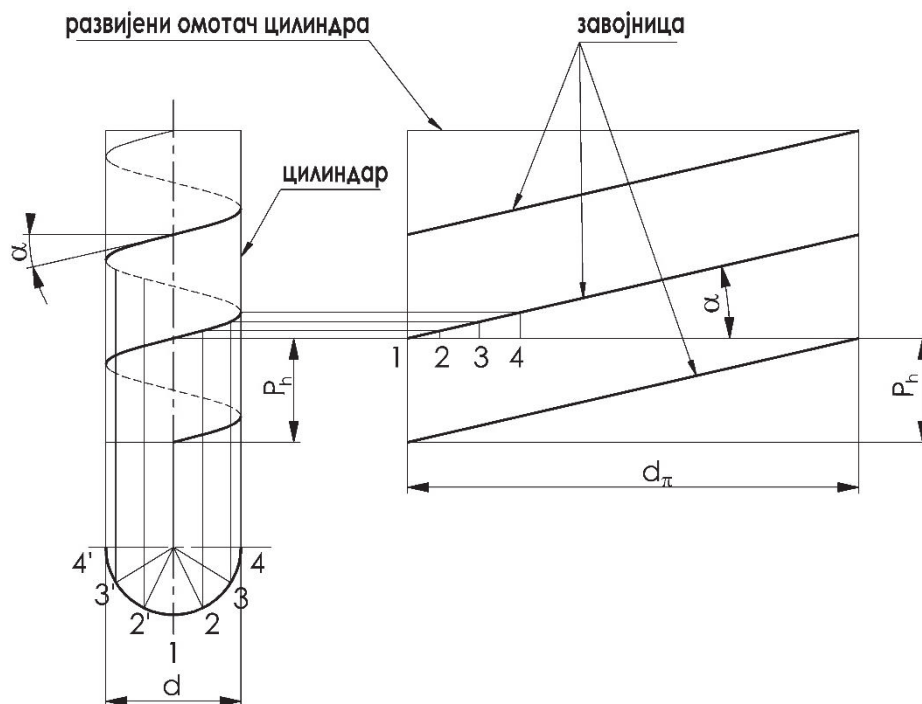
Везе два или више машинских делова могу да буду раскидиве и нераскидиве. Код делова који су међусобно заварени, залемљени, залепљени или заковани, остварена веза је нераскидива. Ти делови не могу да се раздвоје без деформације или разарања елемената који чине везу. Завртањ и навртка чине пар који обезбеђује раздвојиву везу повезаних делова.

Према свим стандардима [12] завртањ и навртка имају елементе који се у оквиру графичког приказа приказују на поједностављен начин.

6.1 ЗАВОЈНИЦА

Завојница је крива на омотачу цилиндра која је настала намотавањем праве која сече изводницу омотача под константним углом различитим од 0 и $\frac{\pi}{2}$ радијана. Оса цилиндра је уједно и оса завојнице (слика 6.1). Та крива има особину да јој тангента у свакој тачки заклапа са изводницом цилиндра исти угао.

Корак завојнице је аксијално растојање P_h између две узастопне тачке пресека завојнице са изводницом омотача, односно аксијално растојање које једна тачка завојнице пређе за један обртај око осе завојнице. Угао нагиба завојнице представља оштар угао α између тангенте на завојницу и пресечне равни управне на завојницу.



Слика 6.1 – Завојница на омотачу цилиндра.

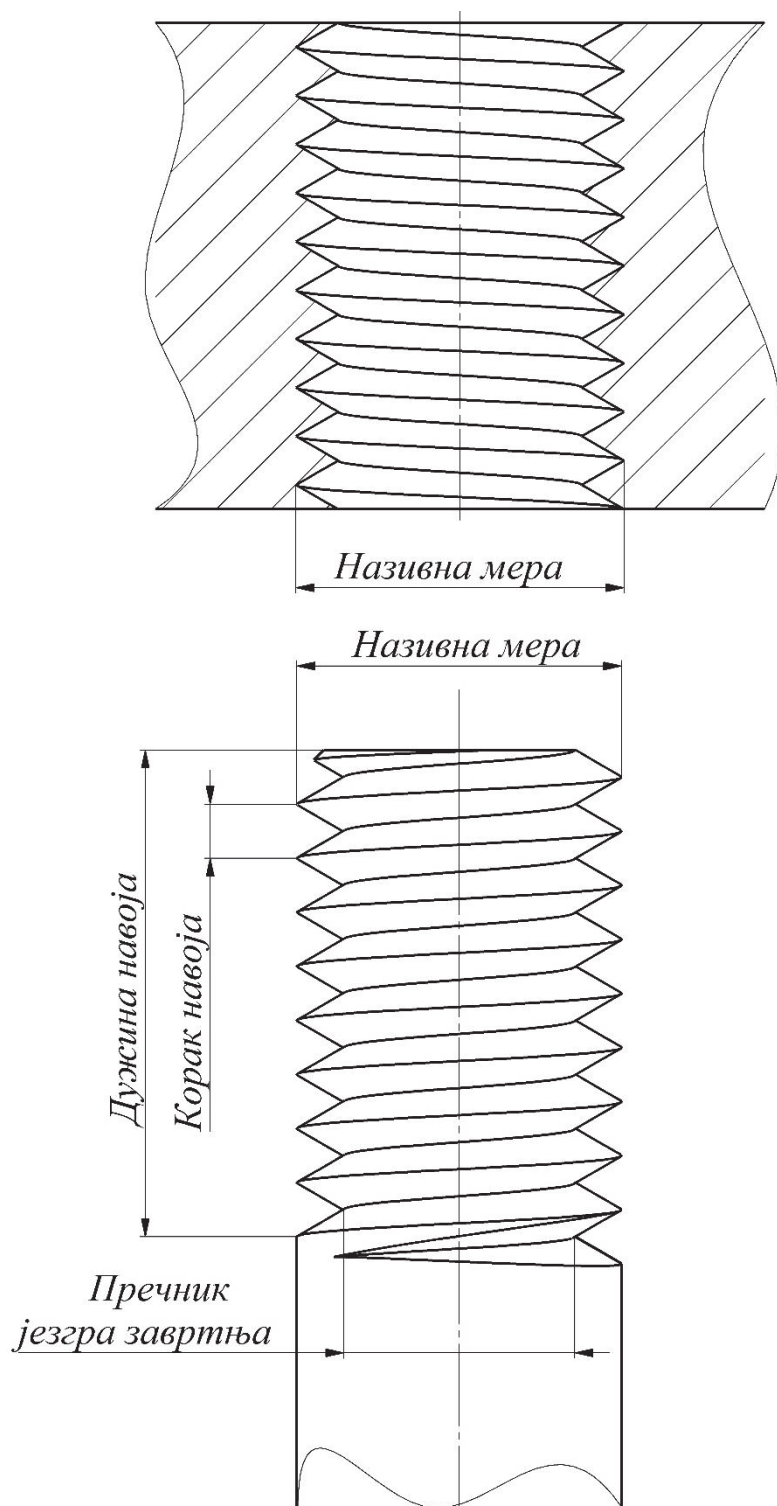
На развијеном омотачу цилиндра један навојак је хипотенуза правоуглог троугла основице d_π и висине P_h , па се угао нагиба завојнице α може одредити из израза:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P_h}{d_\pi}$$

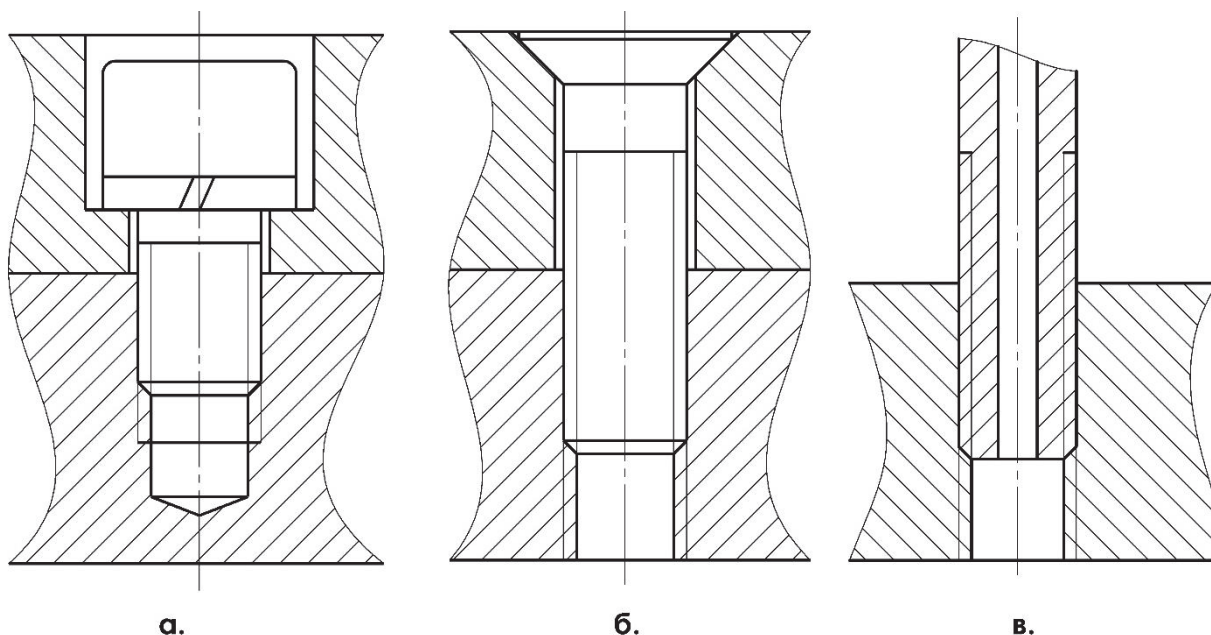
Карактеристичне величине завртња (слика 6.7), односно елемента са спољашњим навојем су: ознака навоја (величина која се подудара са називним пречником d) и активна дужина навоја l .

Елемент са унутрашњим навојем – навртка може бити:

- елемент са рупом (слика 6.8) и
- елемент са отвором (слика 6.9).



Слика 6.10 – Формирање функционалног споја завртањ-навртка.



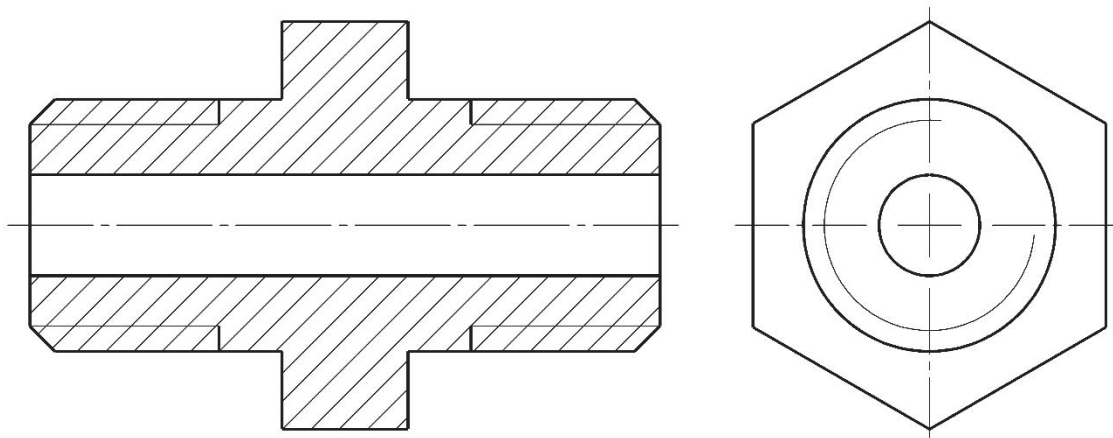
Слика 6.14 – Технички приказ склопа навоја са отвором за пролаз вијка.

У уздужном пресеку навојног пара завртањ се приказује без сечења, као што је то приказано на слици 6.14 (под а. и б). Изузетно, у уздужном пресеку завртањ се сече када се у завртњу налази шупљина – слика 6.14 в. У том случају, приоритетна је контура завртња, а затим се она допуњава контуром навртке (отвора или рупе са навојем).

Због прегледности цртежа уобичајно је упрошћено приказивање цртежа везе два елемента помоћу завртња (није обавезно). У том случају је неопходно да пречник шупљине кроз коју пролази елемент са нарезаним навојем – завртањ буде већи од пречника завртња (слика 6.14). Када се користе стандардни навоји, пречник шупљине је стандардна величина [12] и тако треба да се и прикаже. Ово је детаљније дефинисано у Поглављу 7.7.4.

Навојни делови који се нађу у попречном пресеку, шрафирају се до линије којом се показују врхови профила, односно до пуне дебеле линије (линија типа *A*) – слике 6.12, 6.13 и 6.14.

У случају када се приказује уздужни пресек навоја са шупљином, граница активне дужине навоја се приказује пуном дебелим линијом (линија типа *A*) на начин како је приказано на слици 6.15. Ова линија се завршава на линији која приказује пречник навоја.



Слика 6.15 – Елемент са спољашњим навојем и уздужним отвором.

7 КОТИРАЊЕ

7.1 ФУНКЦИЈА КОТА

У процесу дефинисања предмета значајну функцију представља његово димензионо дефинисање – котирање (веома често у литератури може да се пронађе и израз „увредњавање“). Заједно са исправним обликовним дефинисањем предмета, употребом изгледа, котирање дозвољава коначно недвосмислено димензионо дефинисање предмета. Приликом димензионог дефинисања машинског дела додају се и захтеви за тачност обраде истог, као и подаци по којима неки машински део може да се уклопи са осталима у функционалну целину.

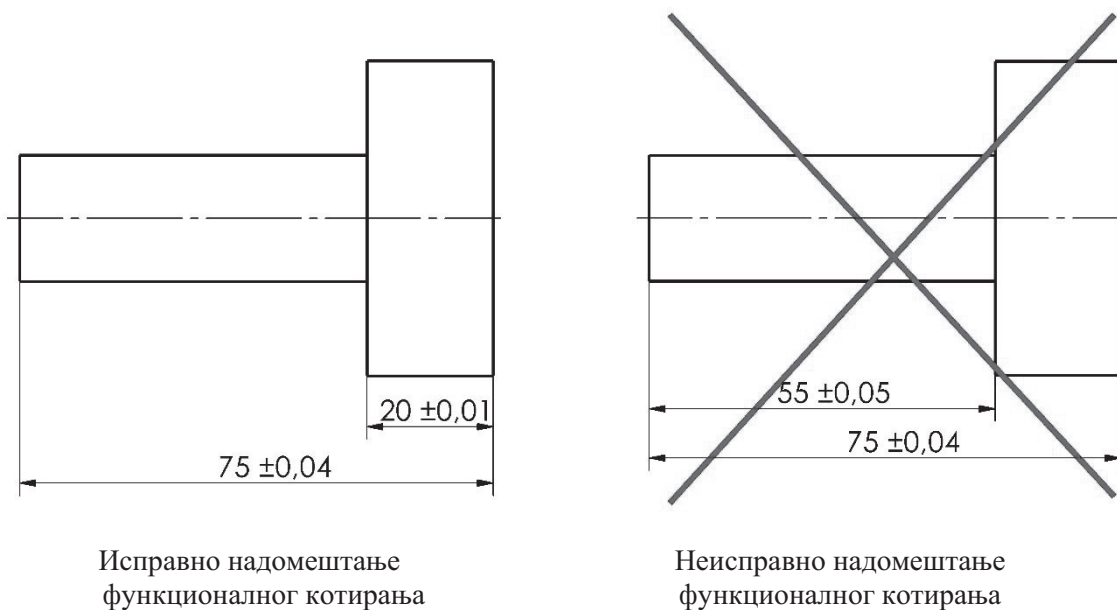
На једном техничком цртежу сви подаци морају бити недвосмислено и потпуно јасно приказани. Ово се остварује помоћу кота. Процес котирања је веома прецизно дефинисан и није могуће одступање.

Котирање је потребно да се изведе тако да се приликом израде машинског дела искључе било какве забуне, неспоразуми и грешке. Добро изведено котирање олакшава израду машинског дела, обезбеђује његову лаку монтажу и сигурно остварење функције која му је намењена. Котирање врши конструктор машинског дела и том приликом мора да води рачуна о томе да особа који производи део, вредности треба да чита директно са цртежа, а не да их добија математичким операцијама. Непотребне, сувишне вредности не треба уносити на цртеж, јер смањују прегледност и доводе до забуне.

Кота је бројчана вредност одговарајуће јединице мере која је на техничком цртежу приказана графички помоћу линија, симбола и ознака. Према улози у функцији предмета разликују се следеће врсте кота:

1. Функционалне коте су мере битне за функцију машинског дела или простора (коте обележене са F на сликама 7.1 и 7.2). Такве коте се, по правилу, толеришу. То су мере које су важне за одређени машински део јер могу да се уклапају са котама другог машинског дела када се склапају у технички систем и/или машину.
2. Нефункционалне коте – мере које нису битне за функцију машинског дела или простора (обележене са NF на сликама 7.1 и 7.2), али свакако треба да се нађу на техничком цртежу ради недвосмислености израде дела.
3. Помоћне коте – мере које се дају само информативно. Оне не утичу на производне и/или контролне операције и добијене су из других вредности на цртежу и пратећој документацији. Помоћне коте се дају у заградама и не толеришу се (коте обележене са P на сликама 7.1 и 7.2). То су мере које је погодно понекад дати на цртежу ради додатних информација. Помоћне коте се углавном не дају на цртежу без преке потребе.

На слици 7.1 приказан је машински склоп који садржи стандардне делове (завртањ, подлошка). Стандардни делови се производе са унапред познатим димензијама. Приказивање таквих делова подлеже стандардима приказа, али се никада такви делови не котирају приликом израде техничке документације (па зато њихови цртежи нису ни приказани на слици 7.1). Сви елементи и делови са којима се такви делови склапају имају стандардне димензије и према истим морају да буду котирани и направљени. Принципи котирања оваквих елемената биће детаљније објашњени у оквиру прегледа истих или током каснијег изучавања.

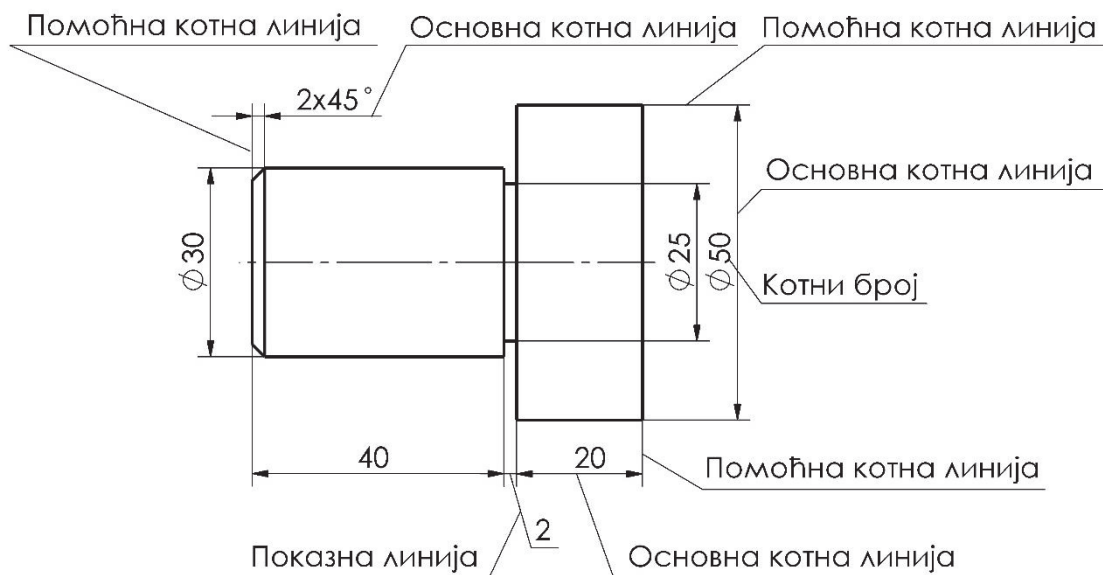


Слика 7.4 – Индиректно функционално котирање.

7.2 ЕЛЕМЕНТИ КОТИРАЊА

Елементи котирања су (слика 7.5):

- помоћна котна линија,
- основна (главна) котна линија,
- показна линија,
- котни завршетак,
- почетна тачка,
- котни број.



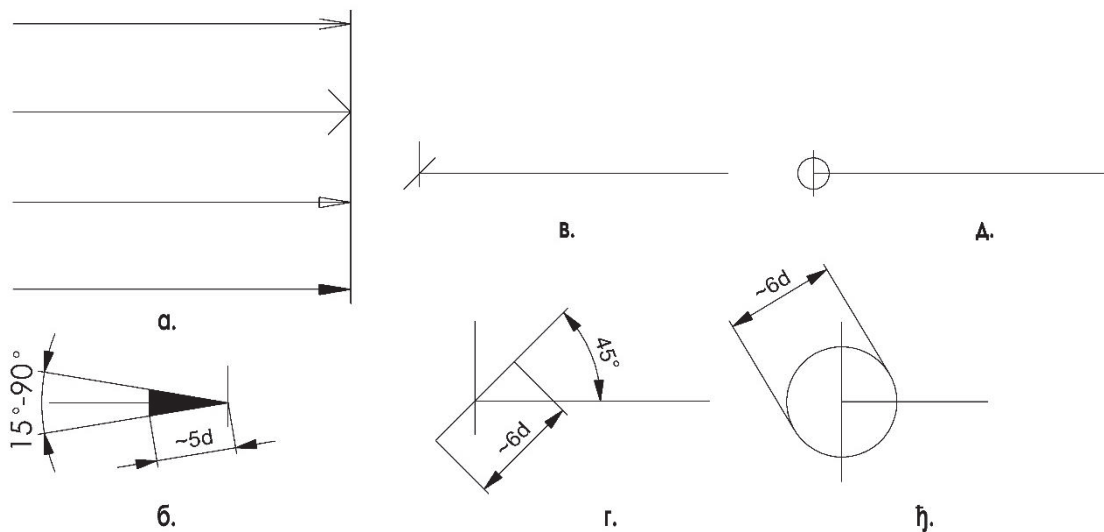
Слика 7.5 – Елементи котирања.

Помоћне котне линије, основне котне линије и показне линије цртају се као пуне танке линије (тип *B*) – слика 7.5. Пожељно је да помоћне котне линије полазе директно од контурне линије типа *A*.

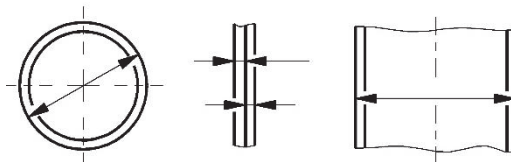
под углом од 15^0 (по стандарду дозвољен је угао од 15^0 до 90^0). Према стандарду, дужина стрелице је дефинисана дебелином дебеле линије (тип *A*) и износи пет дебелина контурне линије ($5 \cdot d$). За случај који се најчешће користи у машинству када је контурна линија дебелине $0,5 \text{ mm}$, дужина стрелице износи око $2,5 \text{ mm}$.

Када не постоји довољно простора на основној котној линији да се поставе стрелице са обе стране и између њих упише котни број, користи се завршетак у облику косе црте. Он се исцртава танком линијом под углом 45^0 према основној котној линији, дужина косе црте је шест дебелина контурне линије ($6 \cdot d$) и за случај контурних линија дебелине $0,5 \text{ mm}$, дужина косе црте износи око 3 mm .

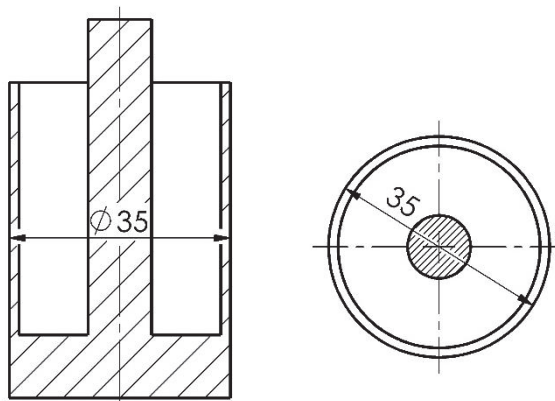
Почетна тачка се црта као кружница извучена танком линијом пречника приближно шест дебелина дебље линије ($6 \cdot d$), односно за случај контурне линија дебелине $0,5 \text{ mm}$, пречник почетне тачке је око 3 mm .



Слика 7.14 - Облици котних завршетака/почетака.



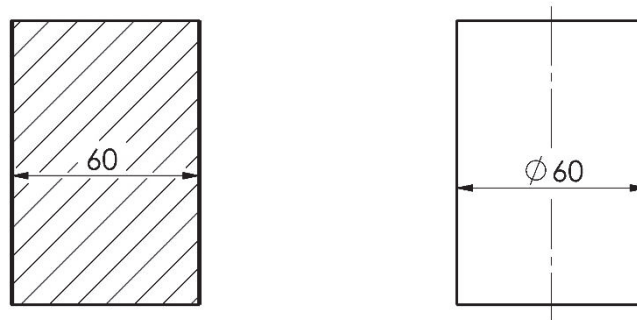
Слика 7.15 – Пресек стрелице и контурне/осне линије.



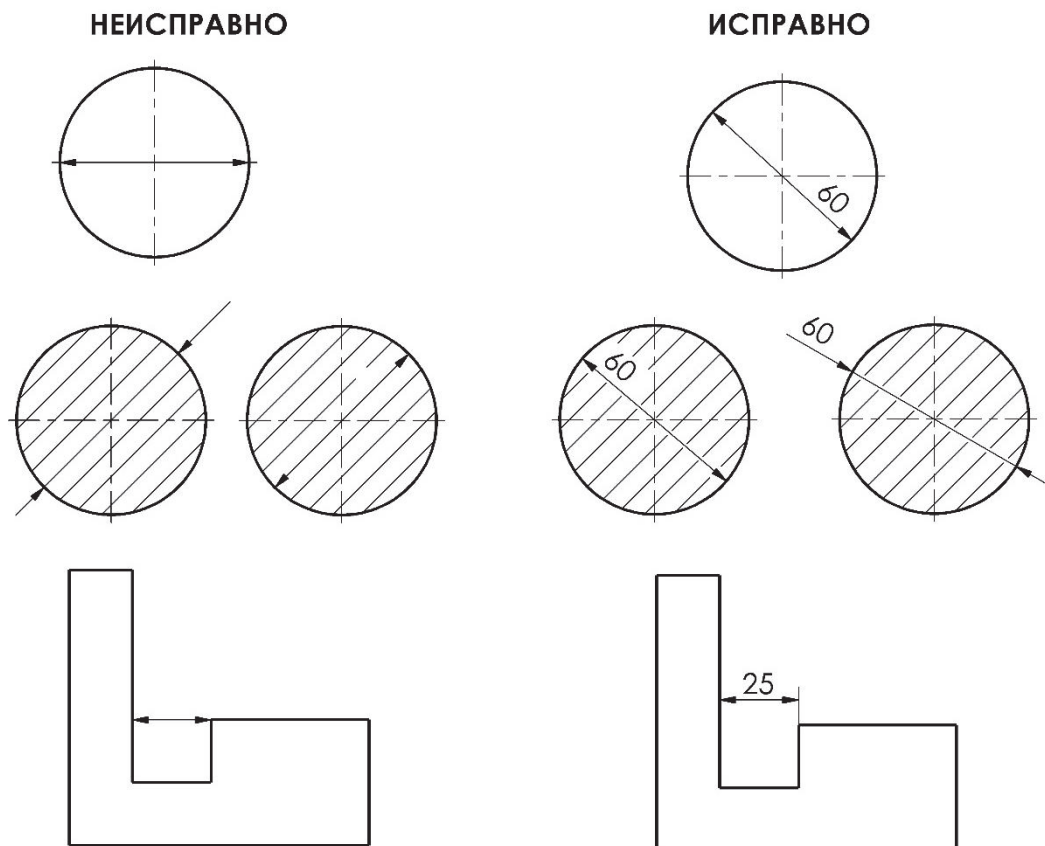
Слика 7.16 – Пресек стрелице и контурне/осне линије и шрафуре.

7.4.1 ПОЛОЖАЈ КОТА И КОТНИХ БРОЈЕВА НА ЦРТЕЖУ

Котни бројеви морају да буду исписани тако да се јасно могу читати на цртежима и копијама цртежа. Котни број не сме да буде пресечен било којом линијом, па ни шрафуром. Увек је најбоље да се кота налази што ближе контури коју димензионо дефинише, али никако ближе од стандардом предвиђене удаљености. Када се котира неки елемент који је дат у пресеку, пожељно је да се и кота налази на страни машинског дела на којој је пресек. Ако је неопходно да се котни број испише на пољу које је шрафирано, простор око котног броја се не шрафира (слика 7.28 и 7.16). Ако је неопходно да се котни број постави преко осне линије, у том делу се осна линија пресеца (слика 7.27 и 7.28). Увек је пожељније да се наведене ситуације избегну извлачењем коте изван тог простора, ако је могуће.



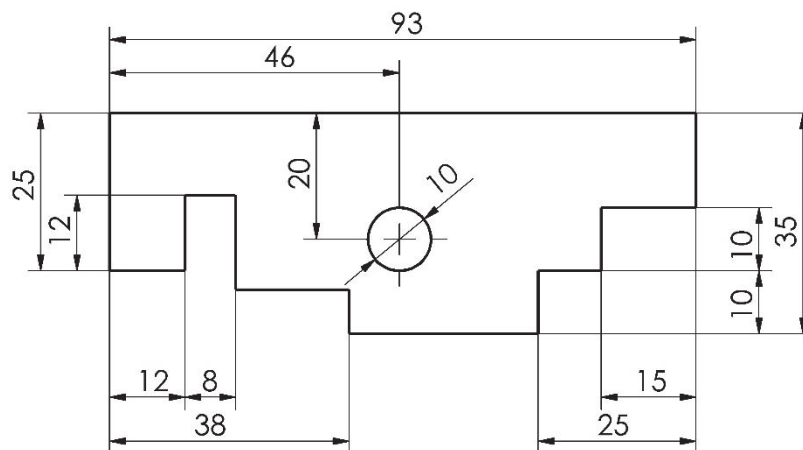
Слика 7.28 – Приказ коте и котног броја када је неопходно да кота пролази кроз шрафирани део или преко осне линије.



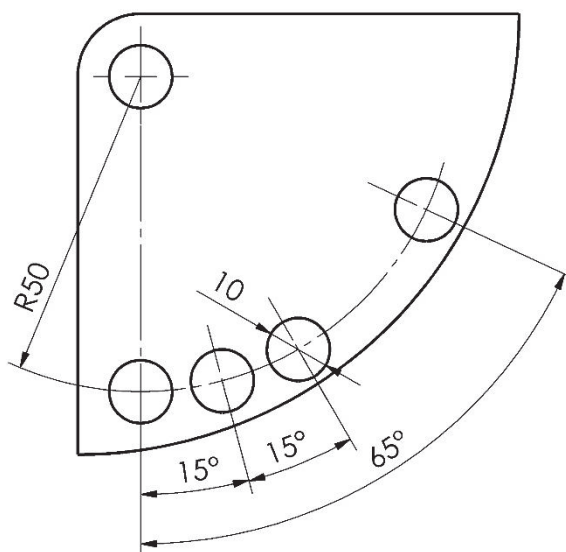
Слика 7.29 – Пример неисправног котирања, када се основна котна линија преклапа са неком линијом, и исправно решење такве ситуације.

7.6.3 КОМБИНОВАНО КОТИРАЊЕ

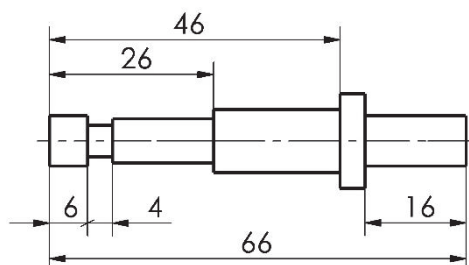
Како сам назив каже, овај тип котирања је комбинација појединачних кота, редног котирања и паралелног котирања (слике 7.52, 7.53 и 7.54). Овакав начин котирања дозвољава да се предмет димензионо дефинише према функцији и/или процесу производње без недозвољеног сабирања „грешке“ током обраде. Ово је уједно и најчешће примењиван начин котирања у инжењерској пракси. На већ познатим примерима приказан је начин комбинованог котирања.



Слика 7.52 – Комбиновано котирање.



Слика 7.53 – Комбиновано котирање са деловима кружног лука и углом.



Слика 7.54 – Комбиновано котирање.

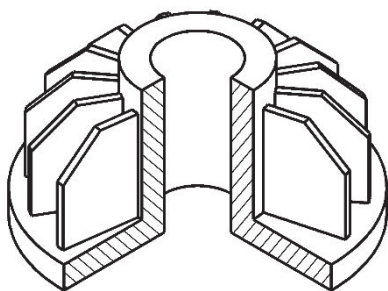
8 ПРЕДСТАВЉАЊЕ ДЕЛОВА И ЊИХОВИХ ДЕТАЉА

8.1 ЕЛЕМЕНТИ КОЈИ СЕ ПОНАВЉАЈУ

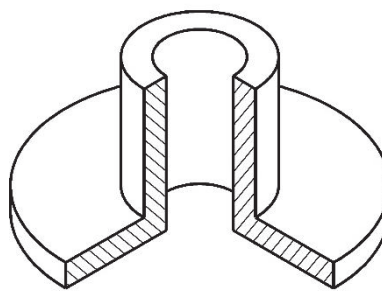
Под појмом „елемената који се понављају“ подразумевају се радијално распоређени елементи око осе ротације (лопатице турбина, ребра, зупци, обртна кола и сл.) и има их већи број (најмање пет). Такви елементи често имају веома сложену геометријску конфигурацију, која додатно компликује обликовно и димензионо дефинисање машинских делова. Због тога је приказ оваквих елемената дефинисан стандардом и ово поглавље да се бави тиме.

8.1.1 ПРИКАЗ ДЕТАЉА КОЈИ СЕ ПОНАВЉАЈУ КОД СЛОЖЕНИХ ГЕОМЕТРИЈСКИХ ТЕЛА

Поступак приказивања елемената који се понављају код сложених геометријских тела биће приказан на примеру обртног кола – слика 8.1.



Слика 8.1 – Обртно коло.



Слика 8.2 – Основа обртног кола.

Основу обртног кола чине цилиндар и цилиндрична плоча, који су саосни и имају заједнички цилиндрични отвор – слика 8.2. Око цилиндра, радијално у правилним размацама распоређен је одређени број крилаца (у овом случају 16). Крилца на обртном колу са слике 8.1 распоређена су тако да се ни једно крилце не поклапа са фронталном и профилном равни предмета. Веома је важно да се приликом анализе машинског дела утврди позиција на којој се налазе крилца на предметима који имају елементе који се понављају.

Обртно коло може да се посматра као сума два геометријска тела (Поглавље 3.1). Једно тело је компактан простор – основа обртног кола (слика 8.2), а друго простор у коме се налазе детаљи који се понављају (слика 8.3). Коначно, стандард предвиђа да се елементи који се понављају, у овом случају крилца обртног кола, приказују упрошћено и тада простор који није компактан (слика 8.3) постаје имагинарно компактан (слика 8.4). Иако је имагинарно компактан, такав простор се користи за упрошћени приказ елемената који се понављају. Зато је на слици 8.4 тај простор приказан танком линијом, типа *B*.

Ради једноставнијег разумевања на слици 8.5 приказано је још једно геометријско тело које садржи унутрашње и спољашње елементе који се понављају и систем њиховог приказа.

Стандардни машински делови који у себи садрже зупце различитих облика правилно распоређене по обиму, као што су зупчаници, ланчаници, пужни парови и сл. имају специфичан начин приказивања у техничким цртежима. Пошто се зупци понављају, ови машински делови потпадају под графички приказ елемената који се понављају са специфичним, поједностављеним, начином приказивања.

На сликама 8.15 и 8.16 дат је пример цртежа на коме би био приказан стварни изглед зупчаника (слика 8.15) и ланчаника (слика 8.16). **На овакав начин зупчаници и ланчаници се никада не цртају, већ морају да се на техничкој документацији прикажу упрошћено.** Приказ зупчаника и ланчаника је дефинисан стандардом [12].

8.2.1 ПРИКАЗ ЗУПЧАНИКА

Зупчаници спадају у стандардне машинске елементе. У оквиру овог поглавља биће дата информација о приказу зупчаника на техничким цртежима. Детаљнији прорачуни, начин димензионисања и карактеристичне величине биће обрађени у току изучавања наредних предмета.

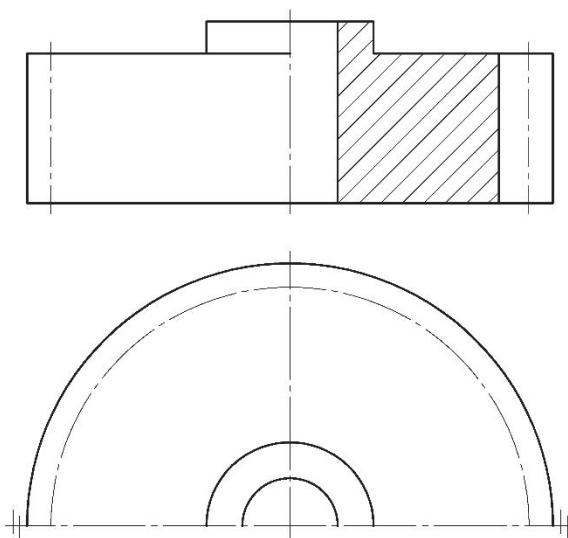
На техничким цртежима специфичност приказа зупчаника добија се на следећи начин.

Контуре и ивице сваког зупчаника (слике 8.17, 8.18 и 8.19) цртају се тако да оне:

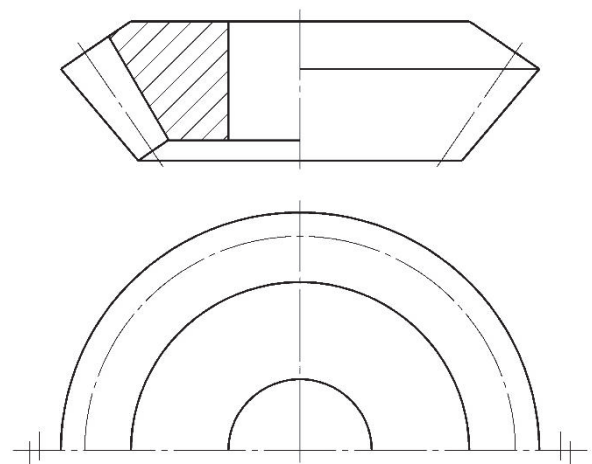
- у изгледу без пресека приказују зупчаник као пун цилиндар, без зубаца, оивичен теменом површином, круг исцртан пуном дебелом линијом (типа *A*),
- у аксијалном пресеку приказују зупчаник са правим зупцима са два дијаметрално супротна зупца који се не шрафирају у пресеку (по истом принципу се приказују као и елементи који се понављају), чак ни када је број зубаца непаран и када су зупци завојни.

Подеони круг зупчаника се црта линијом типа *G* (осна линија) и увек мора да се исцртава на цртежу, а приказује се:

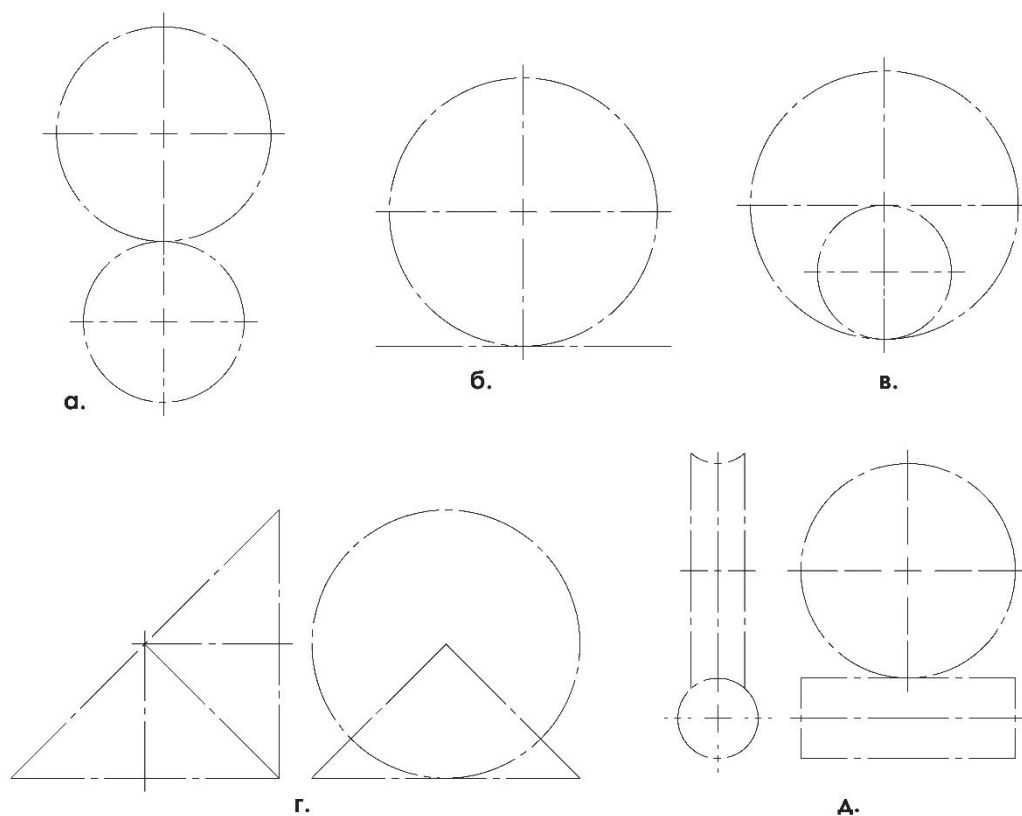
- У изгледу у правцу осе зупчаника као подеони круг – слика 8.17 (спољни подеони круг код конусног зупчаника – слика 8.18 и подеони круг код пужног зупчаника – слика 8.19).
- У изгледу управном на осу зупчаника као привидна контура (дуж или кружни лук), продужавајући линију изван контуре (слике 8.17, 8.18 и 8.19).



Слика 8.17 – Технички цртеж цилиндричног зупчаника.



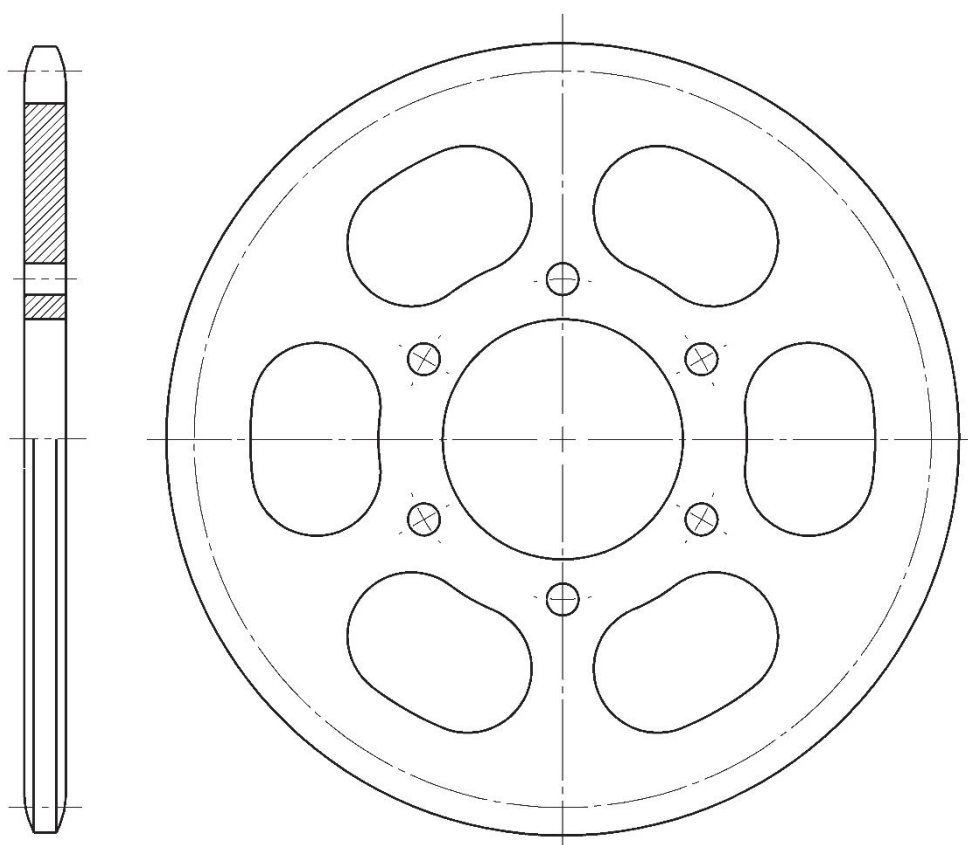
Слика 8.18 – Технички цртеж конусног зупчаника.



Слика 8.33 – Шематско приказивање зупчастих преносника.

8.2.2 ПРИКАЗ ЛАНЧАНИКА

Ланчани преносник у основи чине ланчаници које у међусобну спрегу доводи ланац као посредни елемент.

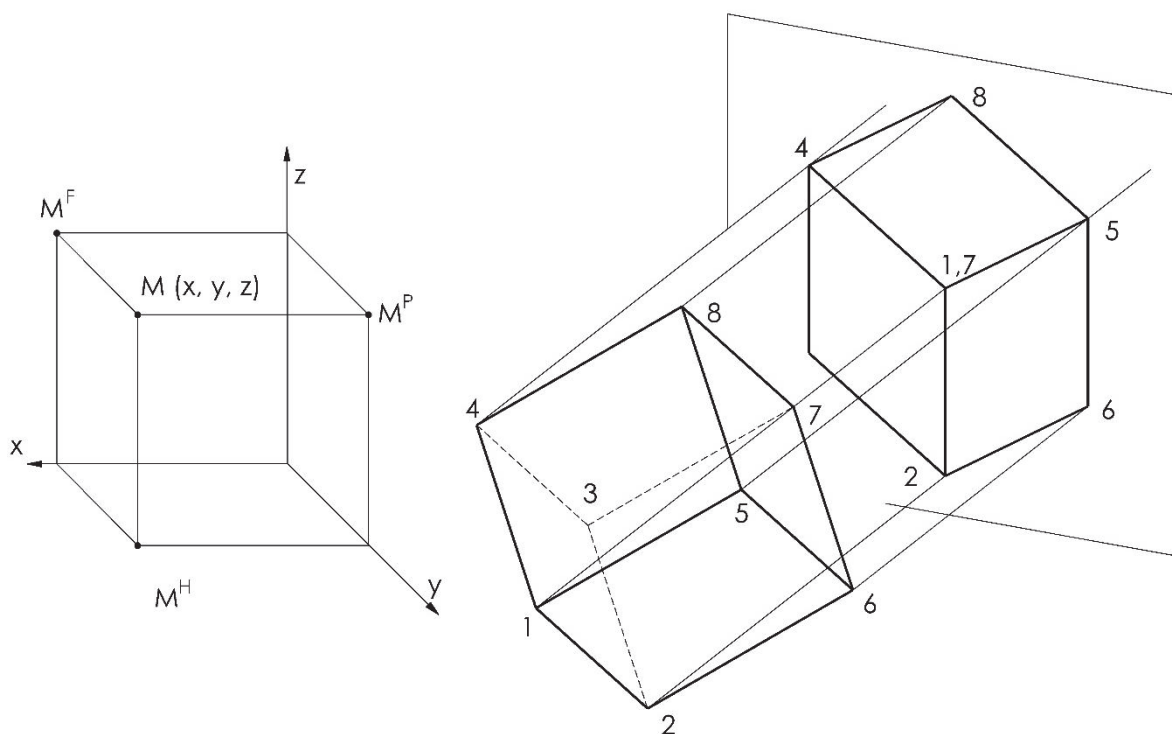


Слика 8.34 – Техники цртеж ланчаника.

9 АКСОНОМЕТРИЈА

Сликовит приказ предмета, који се често грешком сматра тродимензоналним приказом (свака 3D слика је само дводимензонална пројекција која се у мозгу посматрача претвара у 3D илузију), на којем је предмет својим изгледом препознатљив, јесте аксонометријска пројекција (грчки, ахон – оса и metria – мерити, односно, аксонометрија = одмеравање по осам).

Предмет се поставља према пројектујућој равни на такав начин да се три осе које га просторно одређују, (Ox , Oy и Oz) пројектују као видљиве. На слици 9.1 дат је аксонометријски приказ тачке $M(x, y, z)$ и коцке (преко референтних осам тачака).

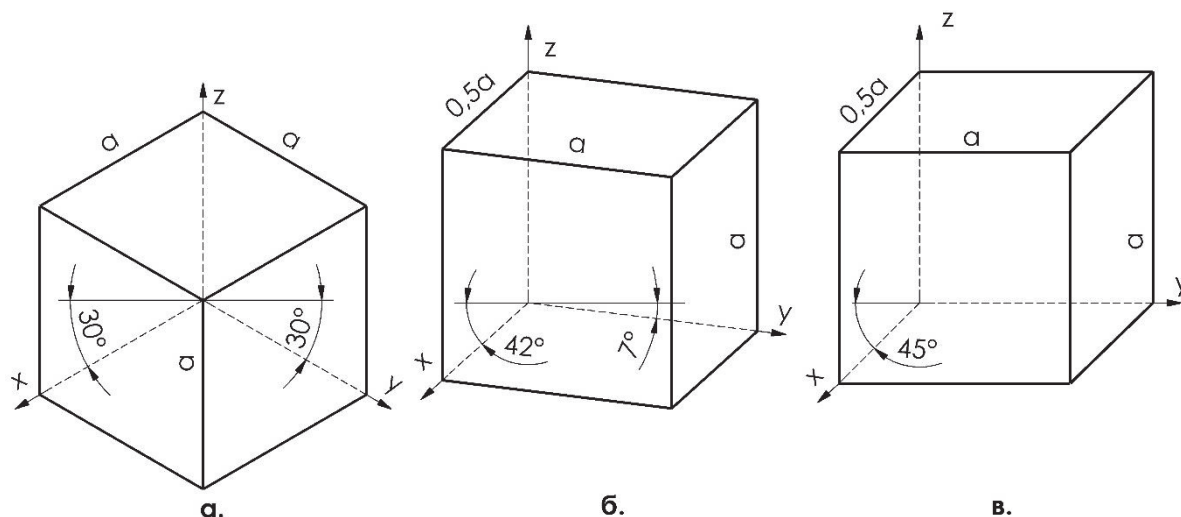


Слика 9.1 – Аксонометријски приказ тачке M и коцке.

Зраци пројектовања су управни на пројектну раван, а скраћења по осам зависе од избора положаја предмета. Сваки приказ има своје позитивне и негативне карактеристике и зато се у машинској техници уобичајено користе три 3D приказа.

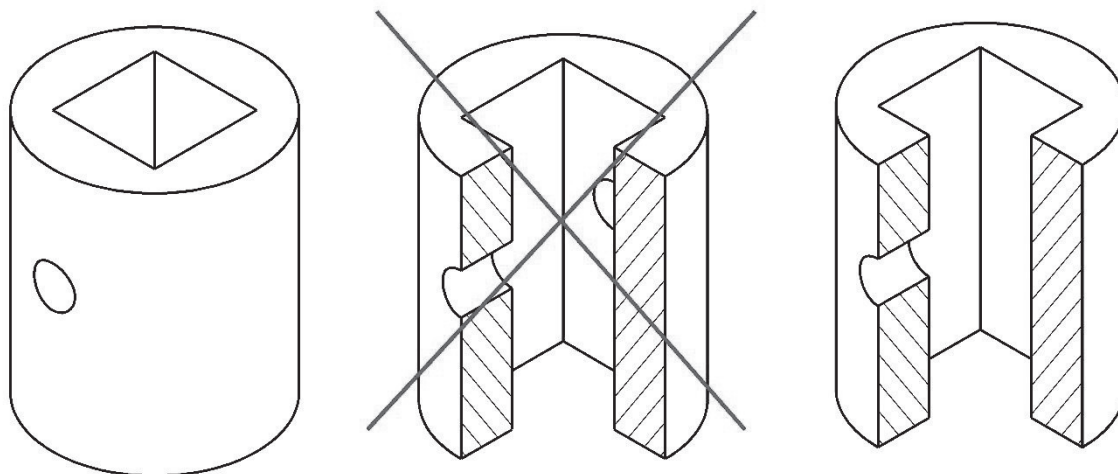
Постоји неколико уобичајених начина аксонометријског приказа (слика 9.2) који се примењују у машинској техници:

- Изометрија – предмет је постављен и приказан тако да је скраћење у све три осе једнако.
- Диметрија – предмет се поставља и приказује тако да је скраћење у правцу две осе једнако, а у правцу треће осе другачије.
- Ортогонална аксонометрија – предмет је постављен и приказан тако да на предњој страни предмета не постоји скраћење, док је на страни која је под највећим углом скраћење 50%. То је посебан случај косе пројекције и накнадно ће бити дефинисано зашто налази своју примену у машинској техници.



Слика 9.2 – Изометрија, диметрија и ортогонална аксонометрија.

На аксонометријском приказу може да се уради пресек ради дефинисања потпуније информације. Уколико аксонометријски приказ неког предмета није дат у пресеку, све видљиве шупљине не мењају профил по својој дужини (слика 9.3). Визуелна спољашња симетрија предмета односи се и на шупљине, уколико није дугачије назначено (као што је дефинисано у Поглављу 3.2). Први приказ потврђује да тело има две равни симетрије и није неопходно да се да у пресеку у изометријском изгледу (прецртани, средњи део слике). Последња слика показује део који има само једну равну симетрију и зато је неопходно да се да у пресеку.



Слика 9.3 – Приказ машинског дела у изометрији када постоје две равни симетрије и када постоји само једна равна симетрија.

9.1 ИЗОМЕТРИЈА

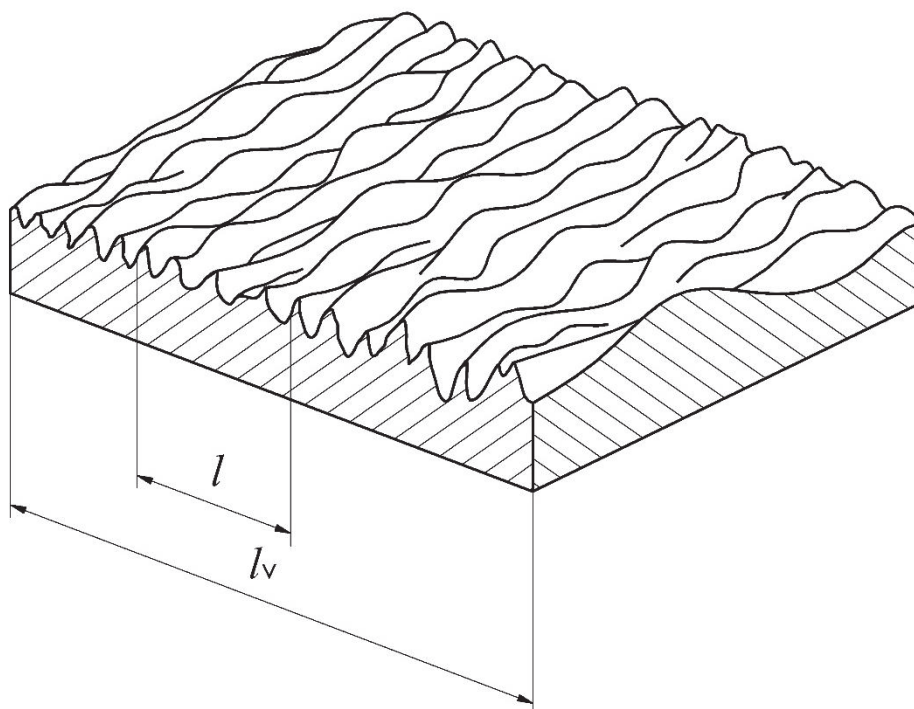
Врста аксонометрије где је предмет постављен и приказан тако да је скраћење по све три осе једнако, назива се изометрија. Све три осе предмета (Ox , Oy и Oz) у изометрији заклапају угао од 120° . Изометријски изглед коцке се добија када је њена телесна дијагонала управна на равну изгледа (слика 9.4). У ортогоналним равнима ова дијагонала је паралелна са Ox осом. При оваквом положају коцке, све њене ивице заклапају са изгледима исте углове, па се у изометријском изгледу и виде са истоветним скраћењем.

10. ОЗНАЧАВАЊЕ СТАЊА ПОВРШИНА

10.1 ХРАПАВОСТ ПОВРШИНА

Под појмом храпавости површина индустријских производа подразумевају се само микрогеометријске неправилности површина које су настале примарно обрадом скидања материјала (као последица облика алата и режима обраде), као и површина које су обликоване без скидања материјала. Површинска храпавост је дефинисана стандардом.

Микрогеометријске неправилности, као нпр. валовитост у неком правцу (слика 10.1), димензија која се приближава или прелази дужину l_v исечка површине, не улазе у област храпавости у смислу овог стандарда. Такође, појава површинских грешки, пукотина, огреботина и сл. не улази у област овог стандарда.



Слика 10.1 – Део површине металног машинског дела увећан неколико хиљада пута.

За дефинисање храпавости у индустрији прераде метала користи се систем средње линије (m). Када се стварна површина машинског дела пресече управном равни, добија се ефективни профил машинског дела на коме се установљава квалитет храпавости. На слици 10.2 дат је изглед линије профила када се посматра на референтној дужини l . Осу Ox чини средња линија профила (m), која је одређена тако да је средње квадратно растојање профила ($y_1, y_2, \dots, y_n$) од те линије најмање могуће, односно минимално.

Средње аритметичко одступање профила (R_a) је средња аритметичка апсолутна вредност одстојања свих тачака ефективног профила (m) од средње линије у границама референтне дужине (слика 10.2) и дато је обрасцем:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx$$

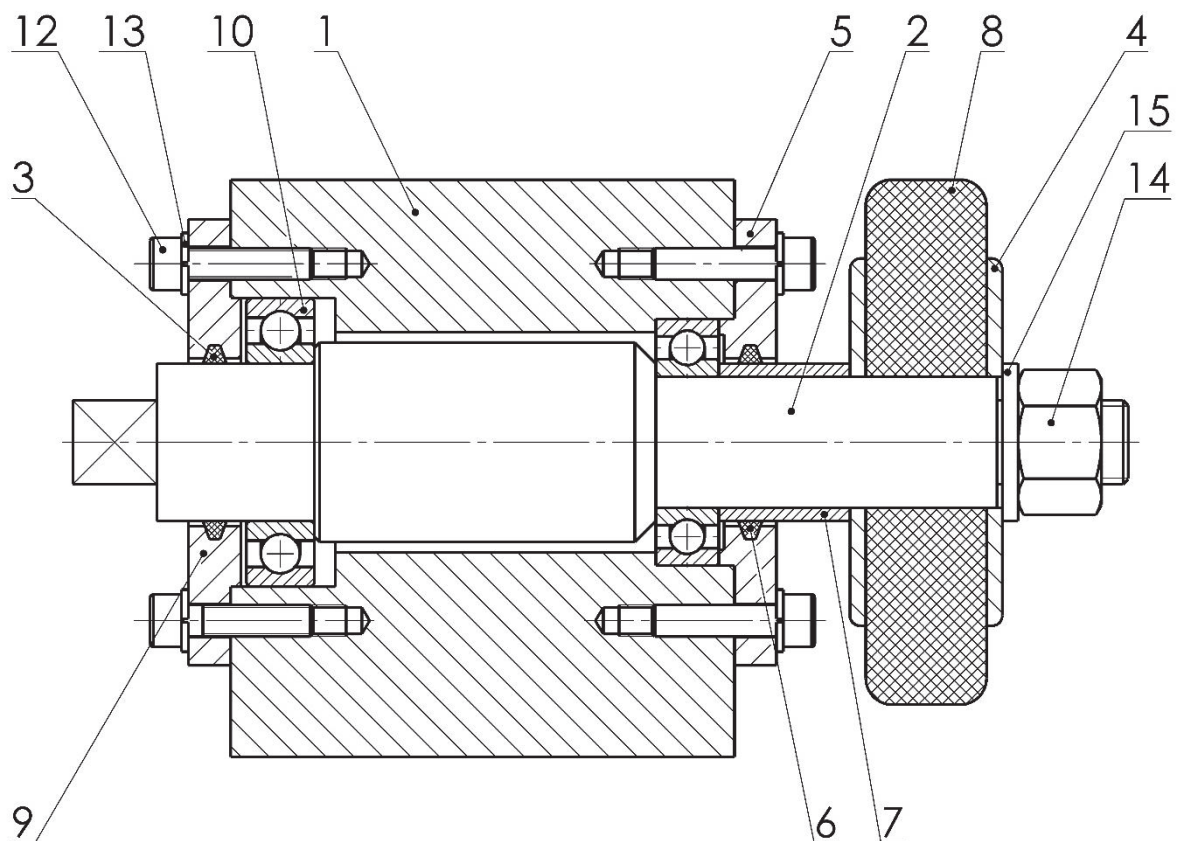
или (како је приказано на слици 10.2):

11. ФОРМИРАЊЕ ТЕХНИЧКЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ ТЕХНИЧКОГ СИСТЕМА

11.1 СКЛОП ТЕХНИЧКОГ СИСТЕМА

Да би било који технички систем могао успешно да се направи, неопходно је да све његове елементе – машинске делове, приказати заједно у облику у коме би требало да буду постављени у машину. Такав начин приказа техничког система назива се „производна документација“ и има своје стандарде по којима се формира. У ту сврху користе се склопни цртежи, који морају да имају пратећу саставницу, односно листу делова који се постављају у коначни склоп. Уз склопни цртеж и листу делова увек иде пратећа техничка документација – радионички цртежи свих машинских делова који треба да се израђују (стандардни делови се убацују у склоп и обележавају, али се не праве њихови радионички цртежи, већ се узимају из Стандарда). У претходним поглављима било је детаљно речи о начину формирања радионичких цртежа. Још неки елементи, који треба да се прикажу на радионичким цртежима, обрађени су у овом поглављу.

На слици 11.1 налази се пример једног склопног цртежа.



Слика 11.1 – Склопни цртеж са означеним позицијама.

Да би кориснику било јасније шта се налази на наведеном склопном цртежу, који предмет се уклапа са неким следећим и где се сви остали налазе, користе се позиционе ознаке елемената.

Током склапања коначног техничког система, комплексне машине, може да се деси да је једноставније да се неки његови елементи уклапају у њега тако што су већ претходно састављени у подсклоп. Сваки подсклоп треба да има своју пратећу документацију,

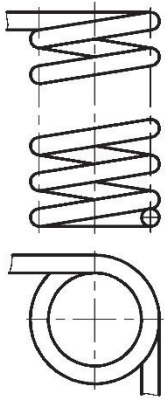
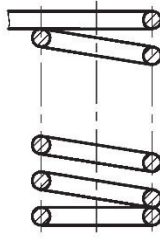
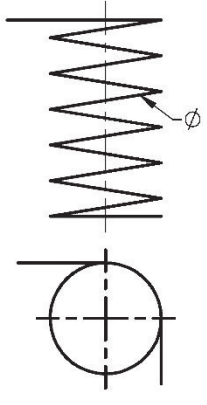
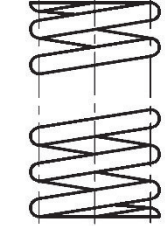
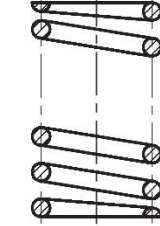
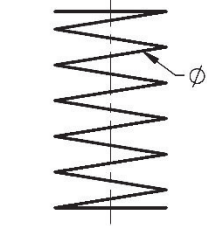
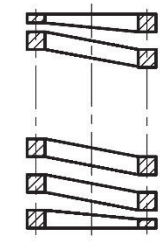
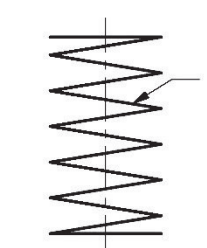
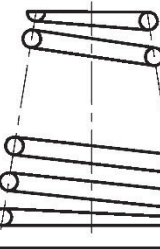
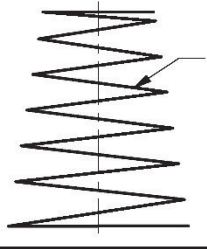
13. ПРИКАЗИВАЊЕ ОПРУГА

Опруге су машински елементи који су саставни делови многих машина и уређаја. Користе се за акумулацију механичке енергије, амортизацију удара, извор сталне силе, за еластично повезивање делова и сл. Највећи број опруга прави се у облицима који су одређени стандардом.

Према својој конструкцији опруге могу да буду завојне, праве, прстенасте, тањирасте, спиралне и лиснате.

Опруге се на цртежима приказују упрошћено (табела 13.1). Тако се код завојних опруга делови завојнице замењују правим линијама, а код спиралних, спирала деловима круга (полукруговима).

Табела 13.1 – Стандардни типови опруга са упрошћеним приказом.

Назив	Приказивање		
	Изглед	Пресек	Упрошћено
Цилиндрична завојна увојна опруга од жице кружног попечног пресека			
Цилиндрична завојна притисна опруга од жице кружног попечног пресека			
Цилиндрична завојна притисна опруга од жице квадратног попечног пресека			
Конусна завојна притисна опруга од жице кружног попечног пресека			

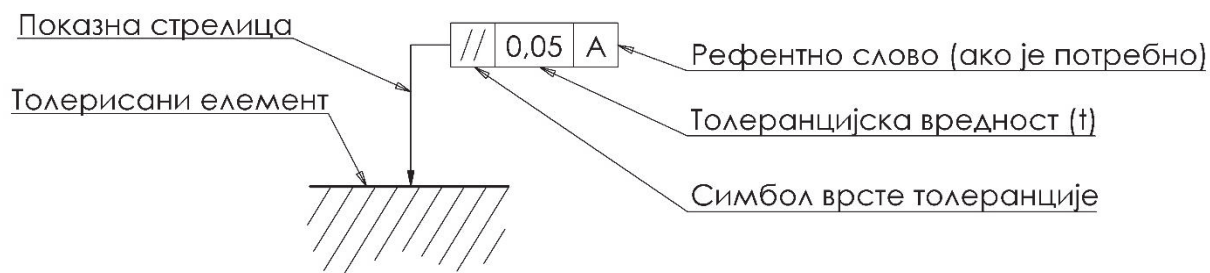
14. ТОЛЕРАНЦИЈЕ ОБЛИКА И ПОЛОЖАЈА

Да би се обезбедила функционалност и заменљивост машинских делова и склопова, уз толеранције мера могу се додавати толеранције облика и положаја

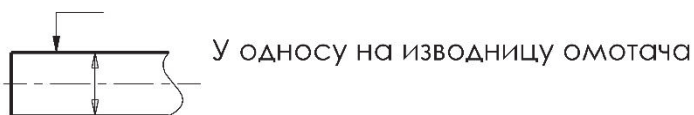
Толеранције облика ограничавају одступања појединачних елемената од њиховог геометријски идеалног облика (равност, цилиндричност, кружност и сл.).

Толеранције положаја ограничавају одступања међусобних положаја два или више елемената неког дела (паралелност, управност, коаксијалност и сл.). Функционално, један од елемената се узима као референтни елемент за давање толеранцијских података. Ако је потребно, може да постоји и више референтних елемената. Референтни елемент мора да буде довољно тачан, па је често за њега неопходно прописати толеранцију облика.

Основни подаци ознака за уписивање толеранција облика и положаја приказани су на сликама 14.1, 14.2, 14.3 и 14.4.



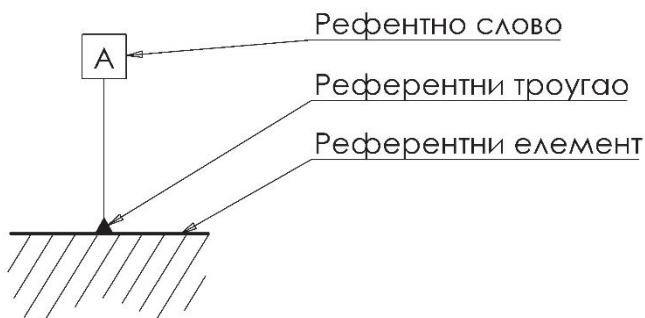
Слика 14.1 – Ознаке толеранција облика и положаја (дефиниција).



Слика 14.2 – Ознаке толеранција облика и положаја.



Слика 14.3 – Ознаке толеранција облика и положаја.



Слика 14.4 – Примери означавања референтне површине.

ИЗВОДИ ИЗ РЕЦЕНЗИЈА

„Рукопис „Инжењерска графика“ представља универзитетски уџбеник који својом формом и садржајем задовољава све формалне и суштинске захтеве за публикавање. Конципиран је у складу са наставним планом и програмом истоименог предмета који похађају сви студенти основних студија на првој години Машинског факултета Универзитета у Београду.

Редослед поглавља уџбеника је у складу са областима и лекцијама у наставном програму предмета. Презентација садржаја и сам садржај су прилагођени степену разумевања студената прве године студија машинства, са циљем да им се олакша савлађивање градива. Текст је јасан и разумљив, а број илустрација велики и довољан.

Осим у настави на техничким факултетима, који имају везе са машинским инжењерством, уџбеник може бити користан приручни материјал за инжењере у пракси. Такође, могу га користити и наставници и ученици у средњим машинским школама.

На основу свега наведеног, Комисији за издавачку делатност Машинског факултета Универзитета у Београду, са великим задовољством предлагем рукопис уџбеника „Инжењерска графика“ аутора проф. др Зоране Јели и проф. др Горана Шиниковића за штампу и публикавање.“

др Татјана Лазовић-Капор, ред. Проф.

Универзитет у Београду – Машински факултет.