

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“  
Технолошко-металуршки факултет,  
Скопје

## **ОСНОВИ НА ИНЖЕНЕРСКА ТЕХНИКА 1**

Д-р Ирена Мицкова

**Издавач:**

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје

**Автор:**

Проф. Д-р Ирена Мицкова  
Технолошко-металуршки факултет, Скопје

**Рецензенти:**

Проф. Д-р Перица Пауновиќ  
Технолошко-металуршки факултет, Скопје

Проф. Д-р Кирил Лисичков  
Технолошко-металуршки факултет, Скопје

Скопје 2014

## ПРЕДГОВОР

Учебникот „Основи на инженерска техника 1“ е резултат на повеќегодишното искуство при изведувањето настава, аудиторските и лабораторските вежби и семинарските работи на авторот со студентите од I година, по предметот кој се изучува на сите насоки на Технолошко-металуршкиот факултет при Универзитетот „Св. Кирил и Методиј“. Неговата основна цел е да им помогне на студентите при совладувањето на градивото од оваа материја, која, според својата содржина, е усогласена со наставните планови и програми усвоени на Технолошко-металуршкиот факултет, што се компатибилни со програмите на познатите светски универзитети и со Болонската декларација. Учебникот, пред сè, е наменет за студентите од Технолошко-металуршкиот факултет при Универзитетот „Св. Кирил и Методиј“, меѓутоа приспособен е така што успешно може да го користат и сите други студенти од техничките науки на повеќе факултети низ Република Македонија каде што се изучува оваа дисциплина.

Основната идеја на авторот беше, на лесен и разбирлив начин, да им се предочат на студентите фундаменталните начела од инженерството кои ќе ги користат во своите понатамошни студии. Учебникот може да го користат и дипломирани инженери кои во својата секојдневна практика се сретнуваат со различни инженерски проблематики. Со печатењето на овој учебник во голема мера ќе се ублажи недостигот на литература од оваа област на македонски јазик. При пишувањето на учебникот авторот користеше најнова светска литература, така што во учебникот се дадени најновите достигнувања од едукативен карактер на ова поле.

Специфичноста на овој ракопис е во тоа што текстуалниот дел е поткрепен со голем број илустрации, така што, истовремено, преку визуелното дополнување на теоретските поглавја, овозможува полесно и побрзо совладување на учебното градиво.

Од авторот

# СОДРЖИНА

<b>1. Инженерска графика</b>	5
1.1. Начини на изразување и комуницирање во техниката	6
1.2. Техничко цртање	6
1.2.1. Поделба на техничките цртежи	7
1.2.2. Стандардизација	9
1.2.3. Видови линии во техничкото цртање	13
1.2.4. Техничко писмо	15
1.2.5. Формати и размери	18
1.3. Нацртна геометрија	19
1.4. Проекционо цртање	21
1.4.1. Проектирање и видови проектирање	22
1.4.1.1. Централно проектирање	22
1.4.1.2. Паралелно проектирање	24
1.4.1.3. Аксонометриско проектирање	35
1.5. Видови модели за претставување на геометриски тела и објекти	36
1.5.1. Моделирање на цврсти тела	38
1.5.2. Продори на тела	39
1.6. Пресеци и прекини	40
1.6.1. Пресеци на тела со рамнини	42
1.6.2. Видови пресеци	43
1.7. Котирање	47
1.7.1. Видови котирања	53
1.7.2. Ознаки за квалитет на површинска обработка	55
1.8. Работилнички цртежи	59
<b>2. Компјутерска графика</b>	63
2.2. Графички стандарди	65
2.3. Графички системи	66
2.4. Дводимензионална (2D) и тродимензионална (3D) графика	68
2.5. Растерска и векторска компјутерска графика	69
2.5.1. Растерска графика	69
2.5.2. Векторска графика	71
2.5.3. Видови криви линии кои се применуваат во компјутерската графика	78
2.5.4. Закривени површини кои се применуваат во компјутерската графика	82
2.6. Изработка на цртежи со примена на AutoCAD	86
<b>3. Машинско инженерство</b>	94
3.1. Машински материјали	95
3.2. Механичко однесување, испитување и производствени особини на материјалите	97
3.2.1. Оптоварувања, напони и степен на сигурност	

на машинските делови	.....	97
3.2.1.1. Оптоварувања	.....	97
3.2.1.2. Напрегнувања	.....	100
3.2.1.3. Напони	.....	110
3.2.1.4. Степен на сигурност	.....	111
3.3. Толеранции на должинските мери и облици	.....	118
3.3.1. Големини и положби на толеранциските полиња	.....	121
3.3.2. Избор и прикажување на толеранциите	.....	122
3.3.3. Означување на толерираните мери	.....	122
3.4. Врски кај машинските делови	.....	127
3.4.1. Елементи кај врските со навој	.....	127
3.4.1.1. Навојна линија, навојна површина и навој	.....	128
3.4.1.2. Елементи и големини на навојниот пар	.....	130
3.4.1.3. Завртки, навртки и придружни елементи на навојната врска	.....	133
3.4.1.4. Видови навои	.....	144
3.4.1.5. Материјал за елементите на навојната врска	.....	149
3.5. Чивии	.....	153
3.6. Клинови	.....	154
3.7. Спојници	.....	156
3.8. Оски и вратила	.....	167
3.9. Ракавци	.....	177
3.10. Лежишта	.....	178
3.10.1. Лежишта со лизгање	.....	179
3.10.1.1. Подмачкување на лежишта со лизгање	.....	186
3.10.1.2. Прицврстување, монтажа и демонтажа на лежишта со лизгање	.....	193
3.10.1.3. Монтажа на лежишта со лизгање	.....	194
3.10.2. Лежишта со тркалање	.....	195
3.10.2.1. Конструктивни облици на лежишта со тркалање	.....	199
3.10.2.2. Предности и недостатоци на лежишта со тркалање	.....	203
3.10.2.3. Прицврстување, монтажа и демонтажа на лежишта со тркалање	.....	203
3.10.3. Материјали за изработка на лежишта	.....	207
3.11. Елементи за пренесување моќност (преносници)	.....	208
3.11.1. Механички преносници	.....	209
3.11.1.1. Фрикциони преносници	.....	212
3.12. Елементи за еластична врска (пружини)	.....	246
3.12.2. Главни обележја на пружините	.....	248
3.12.3. Пресметки на пружини	.....	250
3.12.4. Материјал за пружините	.....	257
3.13. Упростено претставување на машински делови	.....	264

## 1. ИНЖЕНЕРСКА ГРАФИКА

Поимот инженерска графика ги опфаќа следниве технички дисциплини: нацртна (дескриптивна) геометрија, техничко цртање и компјутерска графика.

Нацртната геометрија ги дава методите на цртање на рамнинските и просторните облици, како метод за решавање на проблемите околу нивните големини и нивната меѓусебна положба во просторот, со што се стекнува чувство за систематичност, уреденост и за планирање на просторот на прикажаниот цртеж.

Поимот нацртна геометрија бил воведен во втората половина на 18 век. Основоположник на нацртната геометрија е францускиот инженер Гаспар Монж кој објавил труд со наслов „Нацртна геометија“ во кој труд бил даден општ, универзален метод за решавање на геометриски задачи.

Со изучување на техничкото цртање се стекнува потребното знаење за изработка на техничка документација: технички цртежи, детали и склопови, шематско прикажување на работата на машините и уредите како и поставувањето на одредени инсталации. Со техничкото цртање се стекнува осет за простор, без кој тешко може да се замисли читањето на цртежот и создавањето на јасна претстава за обликот на нацртаниот предмет кој треба да се изработи. Преку техничкото цртање може да се забележат и прочитаат идеите и решенијата кои се настанати во било кој момент и на било кое место, бидејќи техничкото цртање е меѓународен јазик на техничкото разбирање и комуникација.

Компјутерската графика подразбира изучување на техника или начини на исцртување, техника на програмирање, користење на апликативни софтверски пакети за изработка на цртежи во инженерската техника и др.

Инженерската графика се дефинира како графика наменета за инженерско претставување на предметите и објектите во техниката.

## 1.1. НАЧИНИ НА ИЗРАЗУВАЊЕ И КОМУНИЦИРАЊЕ ВО ТЕХНИКАТА

Најчестиот начин на изразување и комуницирање во техниката е преку техничкиот јазик, односно преку технички и упростени цртежи како и со шеми и симболи. Техничкиот јазик е составен од повеќе елементи од кои секој има свое посебно значење како што се познавањето на компјутерската графика, геометриските конструкции како составен дел на нацртната геометрија, конструкциите на кривите линии, проектирањето, пресеците, упростените претставувања на машинските делови, котирањето, просторната претстава на објектите итн. Сите овие елементи сочинуваат една нераздвојна целина.

Цртежот денес не е само сликовна порака, туку се развива во средство, кое овозможува соодветно претставување на објектот и ја задоволува потребата за изработка на објектот.

Со просторното претставување на објектите во дводимензионална рамнина, односно на цртеж, се занимаваат повеќе научни гранки: математиката, геометријата, инженерската и компјутерската графика кои со заедничко име се нарекуваат наука за просторот.

Развојот на науката за просторот започнал со проучување на просторните феномени. Првите просторни проучувања се направени во математиката – геометријата. Проучувањата на науката за просторот се користат во применетите науки и тоа во индустрискиот дизајн, компјутерската графика, филмската индустрија итн. Таквите проучувања се користат во сите области поврзани со проектирање, конструирање и графичка презентација.

Како говорот или пишаниот збор, така и цртежот или графичката комуникација имаат големо значење во севкупното живеење на луѓето.

## 1.2. ТЕХНИЧКО ЦРТАЊЕ

Техничкото цртање се базира на принципите на нацртната геометрија, со која објектите во просторен облик се претставуваат на рамнина, проследено со димензионирање, означување на квалитетот на површините и толеранциите.

Производството на голем број разновидни постројки во инженерството бара нивно претходно нагледно и реално претставување на цртеж.

Во минатото се изработувале примитивни, односно едноставни цртежи при што се користеле елементарни методи на проектирањето.

Методите на проектирање се применуваат во секој цртеж.

Цртежот претставува единствено средство за комуникација, кога станува збор за проектирање или пренесување на сликовна порака.

Самиот проектант бил и производител и корисник на објектот кој го замислил и проектирал на цртеж. Во денешно време проектантот најчесто не го знае производителот, а уште помалку корисникот. Производителот треба да биде сигурен дека идејата на проектантот е издржана и затоа производителот бара проектираниот објект да е нагледен и реално претставен на цртеж. Во поново време во повеќе гранки од индустријата се појавила потребата од реално претставување на објектите, што се должи на развојот на инженерската техника и применетите науки.

Идеите или конструктивните решенија на инженерите и проектантите се пренесуваат на хартија или монитор, и на тој начин стануваат достапни за реализаторите. Пренесувањето на идеите настанува преку цртеж. Цртежот што овозможува да се изведе одредена идеја се нарекува технички цртеж.

### 1.2.1. Поделба на техничките цртежи

Според одредбите и стандардите, техничките цртежи се поделени во четири главни групи:

#### 1. Според начинот на прикажување на предметот:

- Ортогонален цртеж: најчесто се употребува кај техничкото цртање. Предметот се претставува во толку ортогонални проекции или погледи, колку што се доволни за создавање на просторна претстава на истиот.
- Аксонометриски (просторен) цртеж: предметите ги прикажува во просторна односно тродимензионална форма.

#### 2. Според содржината:

- Склопен цртеж: прикажува функционално поврзана целина на некој предмет составена од делови. Склопниот цртеж може да претставува спој на повеќе функционално поврзани целини (посложени уреди).



- Детален цртеж: детално прикажува само еден дел од целината на предметот.
- 3. Според намената техничките цртежи може да бидат: работилнички, инсталациони, монтажни, патентни, шематски, проектни, контролни, дијаграми и др.
- 4. Според начинот на изработка: оригинал, копија и скица.  
Скицата е цртеж изработен со слободна рака, во приближен размер.

*По однос на намената и содржината техничкиот цртеж може да биде:*

#### 1. Конструкциски цртеж

- Работилнички цртеж - цртеж со помош на кој во работилниците се изработуваат деловите за кои се дадени потребните податоци (димензии, материјал, површинска обработка и толеранции).
- Склопен цртеж - прикажува функционално поврзана целина составена од делови или спој на повеќе функционално поврзани целини.
- Монтажен цртеж - цртеж со чија помош се врши склопување (монтажа) на машина или конструкција.
- Инсталациски цртеж - прикажува начин на поставување на инсталациите во склоп на одреден производ.

#### 2. Технолошки цртеж

- Цртеж за обработка – ја дефинира постапката за производство на машинскиот дел и ги дава сите потребни податоци и објаснувања за неговата изработка.
- Контролен цртеж - прикажува карактеристични димензии и други параметри кои треба да се контролираат при прием на машинскиот дел, склоп и конструкција.

#### 3. Комерцијален цртеж

- Цртеж за понуда – служи како прилог кон понудата за добивање на одредена работа.
- Цртеж за нарачка – служи како прилог кон договорот за нарачка на машински дел, склоп или конструкција.

- Цртеж за испорака – се изработува како прилог кон секој производ и служи како технички документ.
- Цртеж за одобрување – претставува технички документ кој служи за утврдување на договорената изведба или реализација.
- Цртеж за пакување – содржи габаритни димензии на производот, начин на пакување и конзервација, начин на транспорт и други особености.

#### 4. Проектен и инвестиционо-проектен цртеж

- Проектен цртеж - служи за претходни студии и анализи за добивање на подлога за изработка на цртеж за изведба на одреден проект.
- Инвестиционо-проектен цртеж - служи за претходни студии и анализи со цел за утврдување на оптимални конструктивно-технолошки решенија на истражувачкиот проект.

### 1.2.2. Стандардизација

Со сè поголемиот развој на производството во светот и со сè поголемата размена на стоки и информации помеѓу земјите во светот, се укажала потребата за воведување на одредени стандарди кај производите, документацијата, информациите и др. Така на пример, на почетокот на развојот на машинското инженерство, машинските делови се конструирани и произведувани поединечно за одредени машини. Поради фактот што е констатирано да поголем дел од машинските делови може да се вградат во скоро сите машини, се појавила и потребата да тие машински делови се сведуваат на точно одредени форми и мерки. Така се почнало со изработка на единствените прописи со кои точно се предвидуваат и формите и мерките на деловите со иста функција, материјалот од кој се изработени, начинот на испитување на квалитетот итн.

Утврдувањето на овие прописи се нарекува стандардизација, а самите прописи, стандарди.

Со стандардизација е овозможено масовно производство на голем број на исти делови на автоматските машини, со што е зголемена економичноста, продуктивноста, рентабилноста и целисходноста на поделба на трудот. Со ова, исто така е овозможено производство на разноликост на делови независно еден од друг и тоа на разни места и различни фабрики, а нивното склопување во нова целина е независно од местото на производството.

Со појавата на стандардизацијата на конструкторот му е олеснета работата, бидејќи е упатен на избор на веќе готови делови за нивно

натамошно склопување во целина. Со стандардизацијата е олеснета набавката и сместувањето на деловите со точно одредени мерки, облици и квалитет. Со теоретските и практичните прописи, стандардите воведуваат ред и техничка дисциплина во производството. Секоја земја со закон ја уредува стандардизацијата, а тоа подразбира донесување и примена на стандарди, технички нормативи, норми на квалитет на производи и услуги како и прописи предвидени со таков закон.

#### *Стандарди достапни за јавност:*

- Меѓународен стандард: усвоен од страна на меѓународната организација за стандардизација и стандарди и важи во земјите на целиот свет.
- Регионален стандард: за повеќе држави во еден регион.
- Национален стандард: важи во рамките на една држава.
- Територијален стандард: усвоен е на ниво на територијална единица на една земја и достапен на јавноста.
- Интерен стандард: од други гранки или стандард кој важи во рамките на едно претпријатие.

#### *Видови стандарди:*

- Основен стандард: опфаќа широко подрачје или содржи општи одредби за едно одредено подрачје.
- Терминолошки стандард: ги утврдува поимите (термините), обично придружувани со нивните дефиниции, и понекогаш со објаснувања, цртежи, примери итн.
- Стандард за производи: ги утврдува барањата кои мора да задоволат производ или група на производи, за да обезбедат нивна квалификација (прикладност).
- Стандард за процес: ги утврдува барањата кои мора да ги исполни било кој процес, за да се постигне неговата прикладност.
- Стандард за испитување: се однесува на методи на испитување и испитувања (земање на примероци, употреба на статистички методи, редослед на испитување и др).

- Стандард на услуги: ги утврдува барањата кои мора да ги исполнуваат услугите за да се постигне нивна прикладност.
- Стандард на меѓуврска: утврдува барања кои се однесуваат на компатибилноста на производите или системите во нивната точка на поврзување.
- Стандард на потребни податоци: содржи листа на карактеристики за кои треба да се достават вредности или други податоци за подобар опис на предметот на стандардизација.

Други видови стандарди:

- Европски стандард (**EN**) е стандард усвоен од европска организација за стандардизација, којшто е достапен на јавноста и обврзува на негово усвојување како идентичен национален стандард, при што треба да се повлечат сите конфликтни национални стандарди.
- Конфликтен национален стандард е национален стандард што се применува во истата област како и EN (и HD за CENELEC), и којшто во себе вклучува барања, конфликтни со барањата дадени во EN (и HD за CENELEC).
- Хармонизиран стандард објавен од страна на европскиот комитет за електротехничка стандардизација, и обврзува на негово усвојување на национално ниво, најмалку со јавно објавување на бројот и насловот и со повлекување на сите конфликтни национални стандарди.

### *Македонски стандарди*

Македонски стандард е стандард усвоен од Институтот за стандардизација на Република Македонија, во согласност со одредбите на Законот за стандардизација.

Македонските стандарди и другите стандардизациски документи подготвени се врз основа на меѓународен, европски или друг национален стандард.

Македонските стандарди се означуваат со ознаката **МКС**.

Европските стандарди се во согласност со стандардите пропишани од меѓународната организација за стандардизација, затоа и Македонија се придржува до стандардите пропишани од меѓународната организација. Прифатени се стандардите важечки за Европската унија.

Македонскиот стандард може да биде идентичен со европски (EN), меѓународен (ISO/IEC) стандард или некој друг национален стандард (DIN,BS...) и во тој случај се препознава по ознаката (МКС EN, МКС ISO,

МКС DIN), меѓутоа македонскиот стандард може да биде и „само“ национален стандард, односно изработен од експерти од ИСПМ и усвоен како македонски стандард. Ваквите стандарди не се усвоени на европско и меѓународно ниво но за нивното постоење мора да бидат известени европските тела за стандардизација.

Индосирањето, односно објавата за одобрување и за усвојување на меѓународен или европски стандард или друг стандардизациски документ најмалку вклучува:

- ознака, наслов, датум на достапност на усвоениот меѓународен или европски стандард или на друг стандардизациски документ;
- изјава дека меѓународниот или европскиот стандард или другиот стандардизациски документ има статус на македонски стандард или друг стандардизациски документ;
- наслов на македонскиот стандард или друг стандардизациски документ,
- датум од кога меѓународниот или европскиот стандард или другиот стандардизациски документ добива статус на македонски стандард, односно друг стандардизациски документ.

Пример за ознака на македонски стандард:

МКС EN ISO 128-21:2009, каде што:

МКС е ознака на стандардот (МКС-македонски стандард)

EN е ознака за Европска унија

ISO е ознака за меѓународната организација за стандардизација

128-21 е број на стандардот и

2009 е година на усвојување на стандардот во Македонија

Претставен е стандардот МКС EN ISO 128-21:2009 – технички цртежи-основни принципи на претставување - дел 21: подготовка и начин на користење на линии во CAD системите, кој спаѓа во поле: Општи стандарди. Терминологија. Стандардизација. Документација, група: Технички цртежи, подгрупа: Технички цртежи - општо.

Примери за други стандарди:

МКС EN ISO 3098-2:2009 – Техничка производна документација – Писмо - Дел 2 : Латинско писмо, набројување и означување

МКС EN ISO 3098-6:2009 - Техничка документација - Техничко писмо - Дел 6 : кирилично писмо

МКС EN ISO 5455:2009 – Техничко цртање - Размери

МКС EN ISO 5457:2009 – Техничка документација - Формати

### 1.2.3. Видови линии во техничкото цртање

За претставување на предметите на техничките цртежи се користат разни видови линии. Видовите линии се разликуваат по својот облик и дебелина. Тие придонесуваат предметите на техничкиот цртеж да бидат јасно и недвосмислено прикажани. Во однос на дебелината, се употребуваат дебели и тенки линии.

- На секој цртеж се употребуваат само две дебелини на линии: дебела и тенка, чиј однос не е помал од 2:1.
- Најмалото растојание помеѓу паралелни линии, вклучувајќи ја и шрафурата, не смее да е помало од двојната дебелина на линијата, односно не помало од 0,7 mm.

Таб. 1. Стандардни дебелини на линии


<i>тенка линија</i>	0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0
<i>дебела линија</i>	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0

Изборот на комбинација на дебелина на линија зависи од форматот на цртачкиот лист, каков предмет треба да се црта и со колкава прецизност треба да е нацртан.

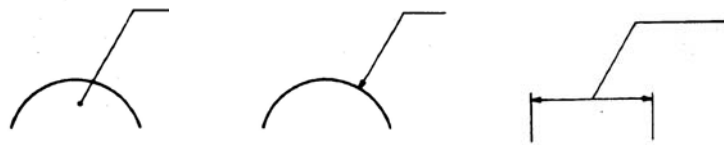
#### *Видови линии и нивна примена*

Во зависност од обликот линиите кои се применуваат кај техничките цртежи може да бидат: полна, испрекината, црта-точка-црта, црта-две точки-црта, слободорачна или цик-цак линија.

Таб. 2. Видови линии и нивна примена

Изглед	Вид на линија	Примена
	Полна дебела	Видливи контури, Видливи рабови
	Полна тенка	Котни линии, Показни линии, Шрафура, Кратки оскини линии
	Полна тенка, слободорачна	Гранични линии на делумни пресеци
	Полна тенка, цик-цак	Пресеци и скратени погледи
	Испрекината дебела	Невидливи рабови, Невидливи контури
	Испрекината тенка	Невидливи рабови, Невидливи контури
	Црта-точка-црта, тенка	Оскини линии, Симетрали
	Црта-точка-црта, дебела	Линии и површини со специјални барања
	Црта-точка-црта, тенка, задебалена на краевите и на промените на правецот	Пресечни рамнини
	Црта-две точки-црта, тенка	Контури на соседни делови, Тежишни линии, Делови кои се наоѓаат пред пресечната рамнина

Во техничкото цртање се употребуваат и *показни линии* кои упатуваат или покажуваат: слика, димензија, предмет, контура и слично. Показните линии се завршуваат на следниов начин: со точка ако завршуваат во внатрешноста на контурата на предметот, со стрелка ако завршуваат на самата контура и без точка и без стрелка, ако завршуваат на котната линија.



Сл.1. Видови показни линии

#### 1.2.4. Техничко писмо

Техничките цртежи содржат пишани податоци, вредности и информации кои се испишуваат со техничко писмо. Техничкото писмо опфаќа: букви (кирилица или латиница), броеви, математички знаци и други симболи. Кај ова писмо мора да се запази читливоста, изедначеноста и можноста за микрофилмување (со одредена фотографска постапка да може да се снимат на микрофилм). Заради тоа, буквите и знаците мора да се разликуваат едни од други и да ги задоволуваат постоечките стандарди. Со стандардите пропишани се основните карактеристики на техничкото писмо: вид, облик, висина и дебелина на буквите кои се испишуваат рачно (со слободна рака или шаблон), или со примена на компјутери.

Во употреба се два вида техничко писмо:

вертикално писмо и, косо писмо, кое се испишува под агол од  $75^\circ$  во однос на хоризонталата. Косото писмо се употребува кај машинските и електро-техничките цртежи.



Сл.2. Коси букви испишани со латинско писмо





Сл.3. Вертикални букви испишани со кирилично писмо

Со стандард се пропишани висините и дебелините на буквите, нивните меѓусебни растојанија и други карактеристики.

Во таб.3 дадени се карактеристичните димензии на техничкото писмо од тип А, а во таб.4 од тип В.

Таб.3. Карактеристични димензии на техничко писмо од тип А

Карактеристика	Димензии (mm)						
	2,5	3,5	5	7	10	14	20
висина на големи букви	2,5	3,5	5	7	10	14	20
висина на мали букви	-	2,5	3,5	5	7	10	14
растојание меѓу букви	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8
растојание меѓу редови	3,5	5	7	10	14	20	28
растојание меѓу зборови	1,05	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4
дебелина на линија	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4

Таб.4. Карактеристични димензии на техничко писмо од тип В

Карактеристика	Димензии (mm)						
	2,5	3,5	5	7	10	14	20
висина на големи букви	2,5	3,5	5	7	10	14	20
висина на мали букви	-	2,5	3,5	5	7	10	14
растојание меѓу букви	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4
растојание меѓу редови	3,5	5	7	10	14	20	28
растојание меѓу зборови	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4	12
дебелина на линија	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2

Компјутерското цртање и подготвување на техничката документација потполно го заменуваат рачното техничко писмо. Од компјутерските фонтови најчесто за техничко писмо се користат наједноставните и најупотребуваните:

- латиница: Times New Roman, Arial, Helvetica и др

*A B c d E 2* – вертикално техничко писмо : латиница (Times New Roman)

*A b c d E 2* - косо техничко писмо : латиница (Arial), и

- кирилица: MAC C Swiss, MAC C Times, Macedonian TMS, Macedonian Helvetica и др.

*A Б ц ш E 1* - вертикално техничко писмо : кирилица (MAC C Times)

*A Б p Ш E 1* - косо техничко писмо: кирилица (Macedonian Tms)

*A Б ц г E 1* - косо техничко писмо: кирилица (Macedonian Helvetica)

Во поново време кај нас се употребуваат и некои од латиничните фонтови со македонска поддршка.

Изборот на големината на буквите од техничкото писмо зависи од големината на цртачкиот лист, предметот кој се претставува на цртежот и од која далечина се гледа цртежот.

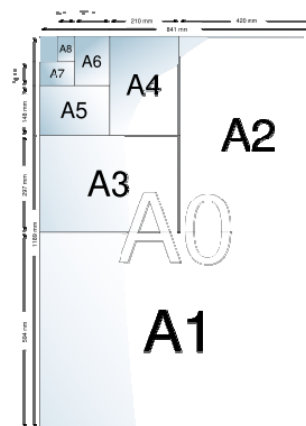
### 1.2.5. Формати и размери

#### Стандардни формати на хартија

Сите технички цртежи се изработуваат на хартија со стандардно пропишани димензии. Хартиите со пропишани димензии се нарекуваат формати.

Форматите се употребуваат заради дефинирање на големината на техничката документација и нејзино одржување и чување, зависат од големината на цртачкиот прибор доколку цртањето се изведува рачно, или пак од видот на уредите за печатење доколку цртањето се изведува компјутерски. Од форматите произлегуваат димензиите на сите принтери, плотери и скенери.

A0	(841x1189)
A1	(594x841)
A2	(420x594)
A3	(297x420)
A4	(210x297)
A5	(148x210)
A6	(105x148)
A7	(74x105)
A8	(52x74)



Сл.2. Стандардни формати

Димензиите на страните на секој стандарден формат се со однос  $1:\sqrt{2}$ , при што секогаш наредниот помал формат се добива со двојно намалување на подолгата страна на форматот кој му претходи.

#### Размер

Разбирливо е што сите предмети не можат да се цртаат во природна големина, од едноставна причина што некои предмети по однос на својата големина далеку го надминуваат форматот на хартијата на која треба да бидат нацртани. Од друга страна, ако некој предмет со многу мали димензии и сложен облик е претставен на цртеж во својата природна

големина, неговите составни делови не би се распознавале јасно и предметот од таквиот цртеж не би можел да се изработи.

Предметите на техничките цртежи се претставуваат во природна големина, зголемени или намалени зависно од нивните димензии и сложеност.

Размер претставува однос на димензиите на предметот на цртежот во однос на димензиите на предметот во природната големина. Ако на пример размерот е 3:1, тогаш секоја единечна мерка на предметот во природна големина е 3 пати помала од онаа на цртежот. Или ако размерот е 1:3, во тој случај предметот во природна големина е 3 пати поголем од оној на цртежот.

Стандардните размери што се користат во машинството дадени се во таб.5.

Таб.5. Стандардни размери

<i>природна големина</i>	1:1		
<i>намалување</i>	1:2	1:5	1:10
	1:20	1:50	1:100
	1:200	1:500	1:1000
<i>зголемување</i>	2:1	5:1	10:1

### 1.3. НАЦРТНА ГЕОМЕТРИЈА

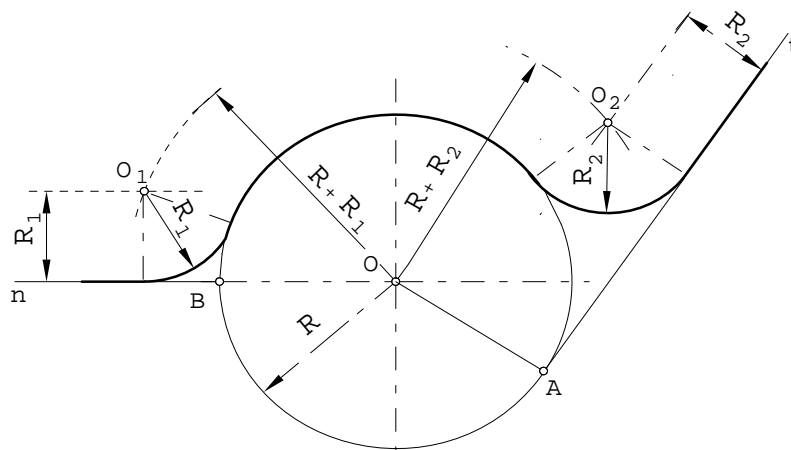
Нацртната геометрија служи за графичко претставување на различни предмети и за прикажување на замислени предмети кои пренесени на цртеж, план, нацрт или на проект овозможуваат изработка на најразлични производи во сите технички гранки.

Нацртна или дескриптивна геометрија е гранка од геометриската наука што ги изучува методите на графичкото претставување, конструкциона обработка и испитување на просторните геометриски фигури и физички објекти, како и нивните меѓусебни односи со помош на рамнински цртежи.

Претставувањето на објектите не се врши само на рамнина со помош на рамнински цртежи, туку постои и претставување на закривени површини и просторно претставување со помош на макети и др.

При цртањето голема важност има поврзувањето на линиите како што е случај права со права, права со крива или кружна линија со кружна линија. Кај техничките цртежи, посебно кога се работи за одредени машински делови, има случај на континуирано преминување на прави линии во кружни лаци или пак кружните лаци со одреден радиус да преминуваат во кружни лаци со друг радиус. Ваквите континуирани премини од едни линии во други линии се нарекува *спрегнување*.

- За спрегнување на права со кружен лак (сл.3), центарот на кружницата на која припаѓа кружниот лак треба да биде во пресекот на паралелниот зрак на правата повлечен на растојание еднакво на радиусот на кружниот лак и во пресекот на кружниот лак со радиус еднаков на збирот на радиусите на кружната линија и лакот кој правилно ќе ги поврзе правата и кружната линија.

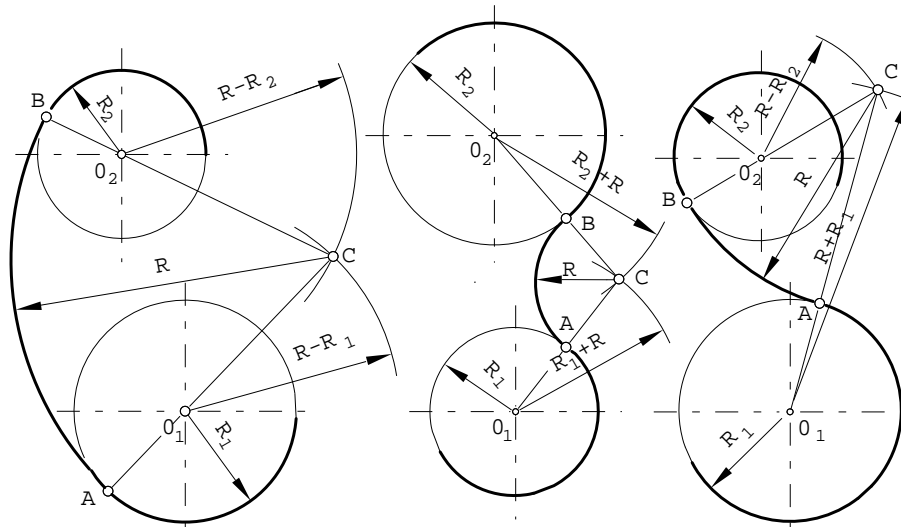


Сл.3. Спрегнување на права со кружен лак

- За спрегнување на два кружни лака (сл.4) неопходно е центрите на кружните линии на кои им припаѓаат кружните лаци кои се спрегнуваат, да лежат на права, која е нормална на заедничката тангента на кружните лаци во точката на нивното тангирање или спрегнување.

Постапката за спрегнување е следна:

1. Најпрво се определува центарот на спрегнувањето;
2. Потоа, се определуваат точките на спрегнувањето или тангирањето;
3. Се повлекува кружен лак со зададен радиус.



Сл.4. Спрегнување на два кружни лака

#### 1.4. ПРОЕКЦИОНО ЦРТАЊЕ

Во техниката се применува посебен начин на прикажување на предметите на хартија, односно преку користење на методот на проекција.

Задачи на проекционото цртање се:

- премин од тродимензионално кон дводимензионално претставување на предметите;
- изучување на правилата за добивање на тродимензионална претстава за некој тродимензионален облик по неговите рамнински цртежи.

Цртежот треба да ги исполнува следните барања:

1. *Нагледност* - од цртежот може да се добие просторна претстава за претставениот предмет.
2. *Обртност* -изведба на предметот точно според неговиот цртеж.
3. *Еквивалентност* - изведените геометриски операции на цртежот да може да се изведат и на предметот.
4. *Едноставност на графичката изведба*.
5. *Точност на графичките решенија*.

### **1.4.1. Проектирање и видови проектирање**

Во нацртната геометрија се користи методот на претставување на објекти и предмети во просторна форма на рамнина при што се добива дводимензионална претстава за проектираниот објект. Методот се нарекува проектирање.

Во зависност од тоа каде се врши проектирањето, и каква е поставеноста на проективните зраци во однос на проекционата рамнина, се разликуваат неколку видови проектирања: централно, аксонометриско и ортогонално проектирање.

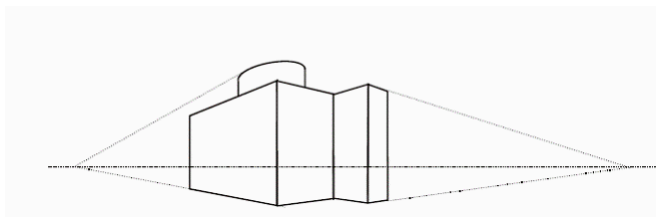
По однос на поставеноста на центарот на проектирањето се разликува централно и паралелно проектирање.

Централното и аксонометриското проектирање го прикажуваат предметот со сите три негови димензии на проектирачката рамнина, додека пак ортогоналното дава една или повеќе проекции со по две димензии на една или повеќе проектирачки рамнини.

#### **1.4.1.1. Централно проектирање**

Централно проектирање дава најверодостојна слика за предметот по однос на неговиот изглед и е најблиско до човековото гледање.

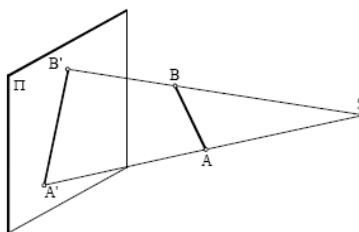
Кај централното проектирање изворот на проектирачки зраци е точкаст. Проективните зраци поминуваат низ објектот и паѓаат на проекционата рамнина, при што образуваат проекција на дадениот објект.



Сл.5. Централна (перспективна) проекција

Централната (перспективна) проекција се употребува за прикажување на перспективни изгледи на објекти и предмети. При централната проекција настануваат деформации, односно рабовите и површините кои се паралелни и еднакви кај предметите во природата кај централната проекција не се, и не е можно да се одредат димензиите на предметот од цртежот.

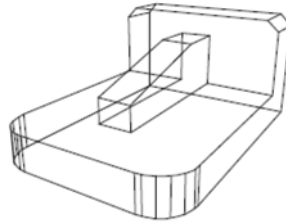
При централно проектирање на отсечка (сл.6.) од точкастиот извор се повлекуваат проективни зраци низ крајните точки од отсечката. Проективните зраци ја прободуваат проекционата рамнина во две точки кои кога меѓусебно ќе се поврзат ја даваат проекцијата на отсечката. Проекцијата е исто така отсечка со поголема должина од проектираната отсечка и не е паралелна со неа.



Сл.6. Централно проектирање на отсечка

Ако даден објект (сл.7.) се претстави во перспектива, се добива реален просторен изглед на објектот. Рабовите и површините на објектот меѓусебно не се паралелни.

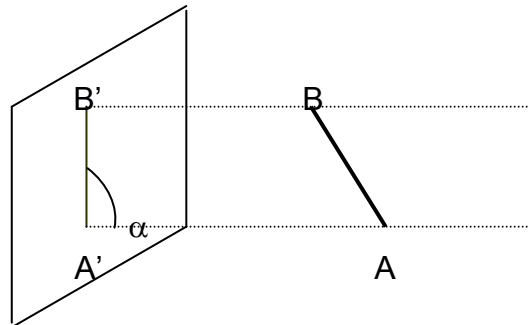




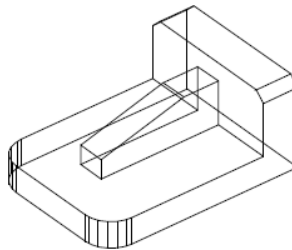
Сл.7. Централна (перспективна) проекција на објект

#### 1.4.1.2. Паралелно проектирање

Кај паралелното проектирање изворот на проектирачки зраци е во бескрајност и проективните зраци меѓусебно се паралелни. Паралелните проективни зраци во однос на проекционата рамнина може да паѓаат под одреден агол, при што се добива косо паралелно проектирање (сл.9.), или нормално на проекционата рамнина, при што се добива ортогонално (нормално) проектирање.



Сл.8. Паралелно проектирање на отсечка



Сл.9. Паралелна (коса) проекција на објект

*Ортогонална (правоаголна) проекција* по правило се применува за изработка и за читање на техничките цртежи. Проектирачките зраци се под прав агол на проекционата рамнина. Димензиите на рабовите и површините на предметите во проекцијата имаат еднакви односи како и

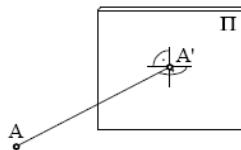
кај предметот кој се проектира. Просторните агли на предметот го задржуваат истиот однос во проекцијата.

Ортогоналното проектирање може да се изведува на една, две или повеќе проекциони рамнини.

### Ортогонално проектирање на основни геометриски елементи на една рамнина

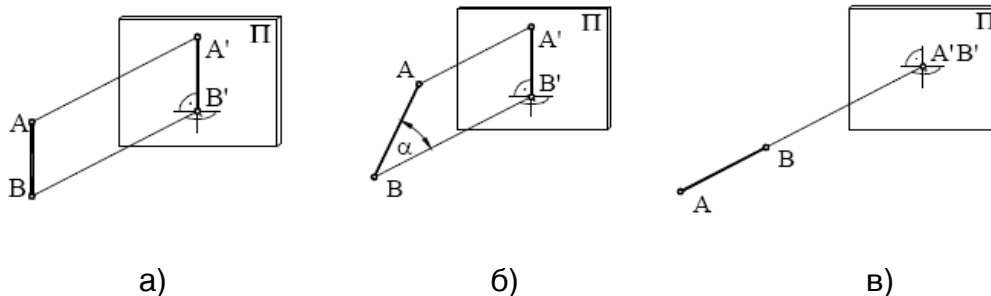
Основни геометриски елементи од кои се составени предметите и објектите се: точки, прави и криви линии, многуаголници и кружни линии.

Точка на проекциона рамнина секогаш се проектира во точка, додека отсечка може да се проектира во отсечка со вистинска или скратена должина или пак може да се проектира во точка.

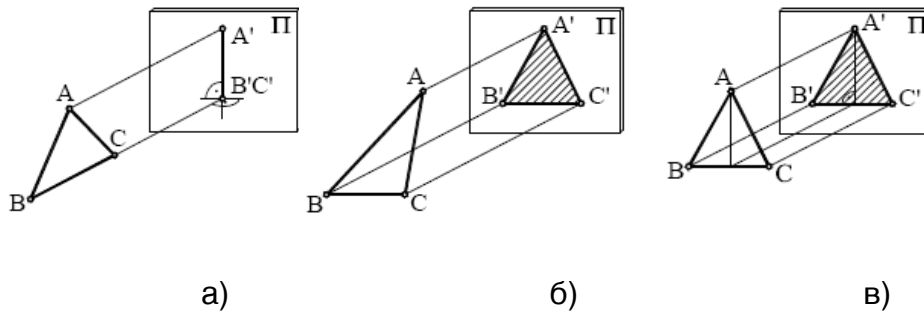


Сл.10. Проекција на точка на рамнина

Отсечка се проектира во вистинска должина, ако е поставена паралелно со проекционата рамнина (сл.11.а), а доколку е поставена косо во однос на проекционата рамнина тогаш ќе се проектира во отсечка со скратена должина (сл.11.б). Отсечката кога е поставена нормално во однос на проекционата рамнина ќе се проектира во точка (сл.11.в).



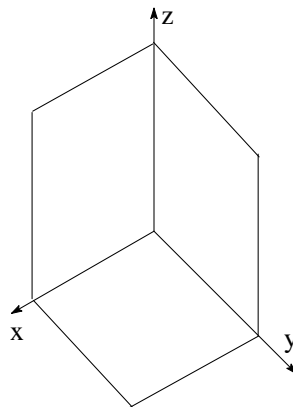
Сл.11. Проекција на отсечка: а) паралелно. б) косо и в) нормално поставена во однос на проекционата рамнина



Сл.12. Проекција на геометриска фигура: а) нормално, б) косо и в) паралелно поставена во однос на проекционата рамнина

Ако геометриските фигури се нормално поставени во однос на проекционата рамнина тие ќе се проектираат во отсечка (сл.12.а), а ако се косо поставени, тогаш тие ќе се проектираат во истите геометриски фигури со скратена големина (сл.12.б). Геометриските фигури се проектираат во вистинската големина (сл.12.в) доколку се поставени паралелно во однос на проекционата рамнина.

Проектирањето најчесто се изведува на три меѓусебно нормални рамнини бидејќи сите објекти во просторот се тродимензионални, односно се дефинирани со три димензии : должина, ширина и висина. Рамнините на кои што се изведува проектирањето се нарекуваат проекциони рамнини.



Сл.13. Просторен координатен систем

За да се изврши проектирање потребни се три елементи: објект, рамнина и центар на проектирање. Ограничувањето на проективниот простор може да се изведе со рамнини, површини или објекти. Наједноставно е ако

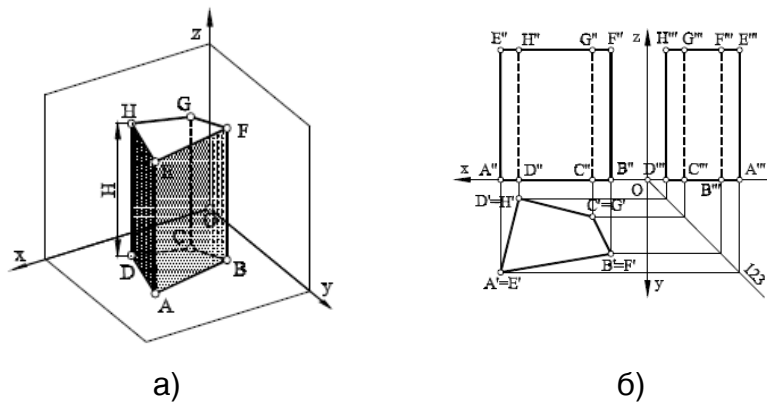
проектирањето се изведува во дводимензионален простор, односно на рамнина. Бидејќи сите објекти во природата се со три димензии: должина, ширина и висина, проективниот простор се сведува на три меѓусебно нормални рамнини кои се нарекуваат проекциони рамнини, односно хоризонтална, профилна и фронтална проекциона рамнина.

Проекционите рамнини меѓусебно се сечат по прави. Ако правите се претстават како оски, односно ако се дефинира позитивен и негативен дел поделен на мерни единици, станува збор за координатен систем. Тоа е тродимензионален (Декартов) координатен систем кој е составен од три меѓусебно нормално поставени оски  $x$ ,  $y$  и  $z$ . Трите нормално поставени оски се сечат во една точка која се нарекува координатен почеток. Ако координатниот систем е во просторен изглед, тогаш станува збор за просторен координатен систем (сл.13.). Ако е претставен во ортогонални проекции, тогаш се нарекува ортогонален координатен систем.

### **Ортогонални проекции на рабести и валчести геометриски тела**

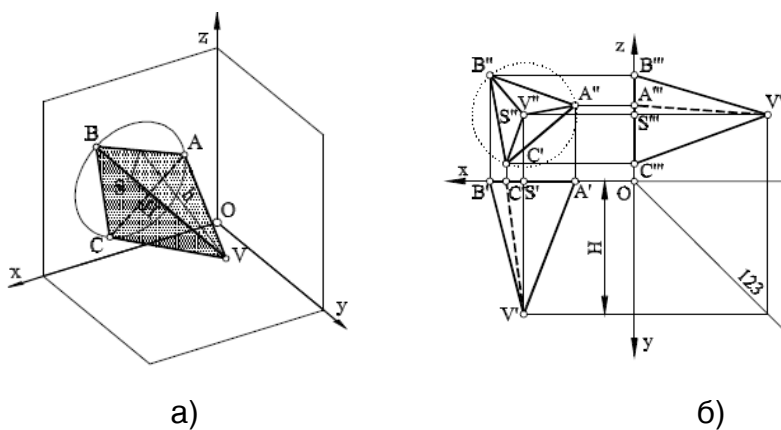
Рабести тела или полиедри се тродимензионални геометриски тела претставени во просторен изглед. Нивните страни се многуаголници или полигони кои меѓусебно може да бидат паралелни или да се сечат. Соседните многуаголници кај рабестите тела кои меѓусебно се сечат образуваат рабови, а соседните рабови се сечат во точки кои претставуваат темиња на рабестите тела.

*Призма* е полиедар или рабесто тело со две паралелни страни наречени основи или базиси и претставуваат многуаголници кои имаат најмалку три страни. Бочните страни на призмата се четириаголници кои ја образуваат обвивката. Во зависност од бројот на страните на основата, призмата може да биде: тристрана, четиристрана итн. Кога аголот што го зафаќаат основите на призмата со бочните страни е прав, тогаш призмата е исправена, а ако аголот не е прав станува збор за коса призма.



Сл.14. Призма: а) во просторен изглед, б) во ортогонални проекции

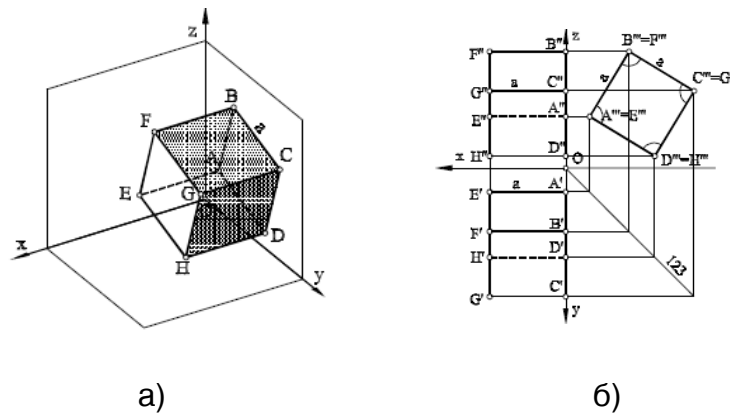
Пирамида е полиедар или рабесто тело составено од една страна наречена основа или базис и бочни страни кои ја сочинуваат обвивката. Основата е многуаголник со три или повеќе страни, а бочните страни се триаголници кои се сечат во една заедничка точка односно теме, кое се нарекува врв на пирамидата. Во зависност од бројот на страните на основата, пирамидата може да биде: тристрана, четиристрана итн. Ако основата е правилен многуаголник, тогаш и пирамидата е правилна. Ако врвот на пирамидата е поврзан со основата со висина која со основата зафаќа прав агол, тогаш пирамидата е исправена. Во случај кога висината на пирамидата е поставена под некој агол во однос на основата, тогаш станува збор за коса пирамида.



Сл.15. Пирамида: а) во просторен изглед, б) во ортогонални проекции

Коцка е правилен полиедар или еднакворабно тело составено од шест страни. Страните на коцката се правилни четириаголници односно

квадрати. Коцката има осум темиња во кои се поврзуваат по три соседни рабови. Коцката има 12 рабови со еднакви должини, четири просторни дијагонали и е еднозначно определена со должината на работ.



Сл.16. Коцка: а) во просторен изглед, б) во ортогонални проекции

### Валчести (ротациони) тела

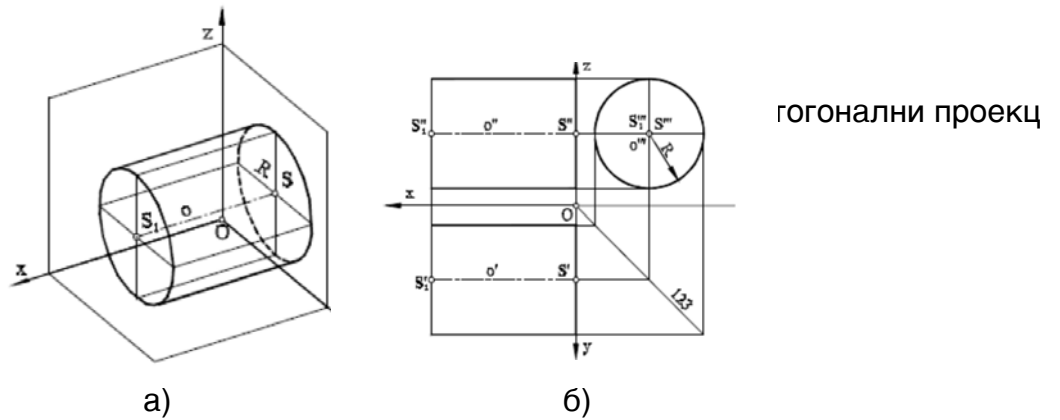
Валчести тела се геометриски тела кои се добиваат со лизгање на права по крива линија или со ротација на крива линија околу оска. Валчестите тела добиени со ротација на крива линија околу оска се нарекуваат ротациони тела.

Кривата која ротира околу оска е од втор ред и затоа така добиените површини се површини од втор ред. Точките од кривата ротирајќи околу оската, образуваат прави или криви линии наречени изводници.

### Цилиндер

Валчеста или цилиндрична површина се добива кога права се лизга по крива линија, при тоа останувајќи паралелна на себе односно паралелна со почетната положба. Правата се нарекува вертикална изводница или генератриса, а кривата линија по која се движи се нарекува директриса. Кривата може да биде во облик на круг, елипса, хипербола или парабола. Цилиндерот се состои од две основи и обивка. Кај кружен цилиндер основите се во облик на круг и оската која ги поврзува центрите на основите претставува висина на цилиндерот. Ако оската и генератрисите се нормални на основите, тогаш цилиндерот е прав. Прав кружен

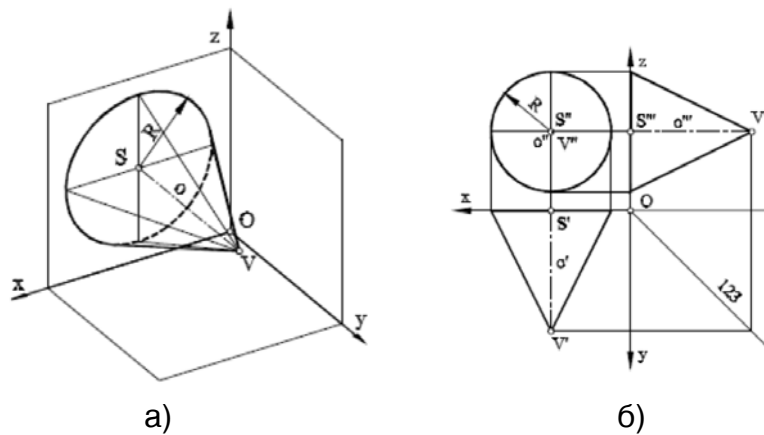
цилиндер може да се добие со ротација на правоаголник околу една негова страна и се нарекува уште и ротационен цилиндер.



Сл.17. Цилиндер : а) во просторен изглед, б) во ортогонални проекции

### Конус

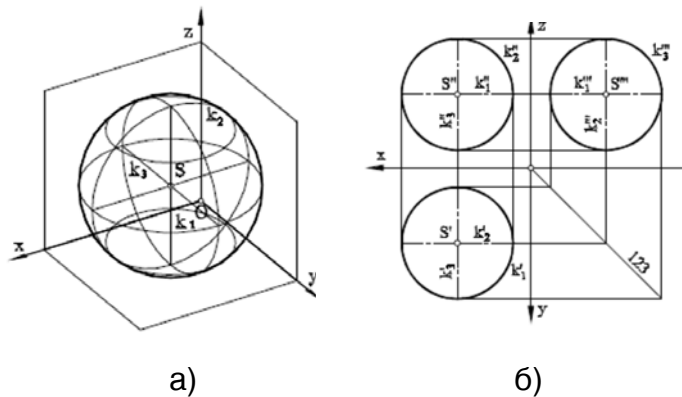
Конусот е валчесто тело составено од основа и обвивка. Обвивката се добива кога права се движи во просторот така што се лизга по крива минувајќи низ една постојана точка и при тоа опишува валчеста или конусна површина. Кривата по која се движи правата се нарекува директриса и може да биде во облик на круг, елипса, хипербола или парабола. Ако оската на конусот е нормална на основата тогаш конусот е прав. Должината на оската претставува висина на конусот. Прав кружен конус се добива и со ротација на правоаголен триаголник околу неговата катета и се нарекува ротационен конус.



Сл.18. Конус: а) во просторен изглед, б) во ортогонални проекции

**Топка (сфера)**

Сфера е множество на точки еднакво оддалечени од една постојана точка која се нарекува центар или средиште на сферата. Сферна површина или топка може да се добие со ротација на круг или кружница околу својата оска на симетрија при што изводниците во двата правци на сферната површина се кругови.



Сл.19. Топка: а) во просторен изглед, б) во ортогонални проекции

**Ортогонални проекции на технички тела или објекти**

Големината, положбата и формата на еден графички елемент или објект во просторот еднозначно се дефинира со ортогонални проекции или погледи.

Ортогоналната проекција не дава јасна тродимензионална претстава за предметот, но затоа, пак, таа е најпрактична за изработка на технички, односно работилнички цртежи. Кај ортогоналното проектирање проективните зраци кои се повлекуваат до карактеристичните точки се паралелни и истите паѓаат под прав агол на проекционата рамнина, а со тоа сите димензии на телото се прикажани во својата вистинска големина. Меѓусебно паралелните, односно нормални рабови на телото, се паралелни, односно нормални и во неговата проекција. Правило е притоа, предметот да се поставува во специјална положба, така што една од неговите страни дефинира рамнина што е паралелна со една од проекционите рамнини или, пак, лежи на самата проекциона рамнина.

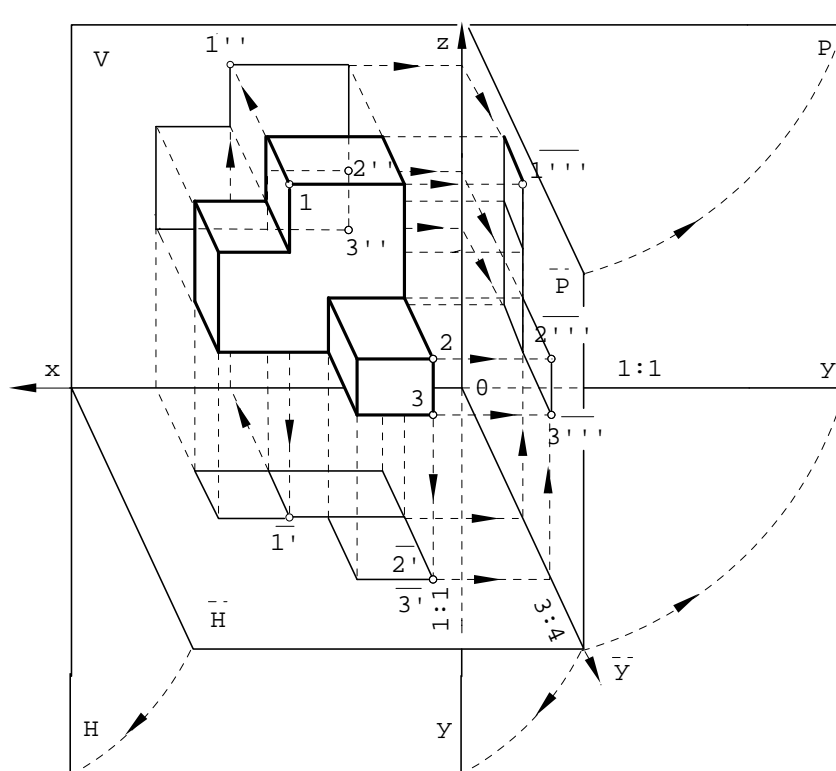
На сл.20. претставен е просторен изглед на објект и прикажан е начинот на добивање на три ортогонални проекции.

Од сите темиња на објектот прикажан во просторен изглед се повлекуваат проективни зраци кон трите проекциони рамнини. Проективните



зраци ги прободуваат проекционите рамнини кои се нормално поставени една во однос на друга.

Со поглед од горе и повлекување на паралелни зраци со  $z$  - оската низ карактеристичните точки од предметот, во пресекот на истите со хоризонталната проекциона рамнина  $H$ , се добива хоризонталната проекција на предметот; со поглед од напред и повлекување на паралелни зраци на  $y$  - оската се добива неговата фронтална проекција на фронталната проекциона рамнина  $V$  и со поглед од лево и повлекување на паралелни зраци на  $x$  - оската се добива профилната проекција на предметот во профилната проекциона рамнина  $P$ .

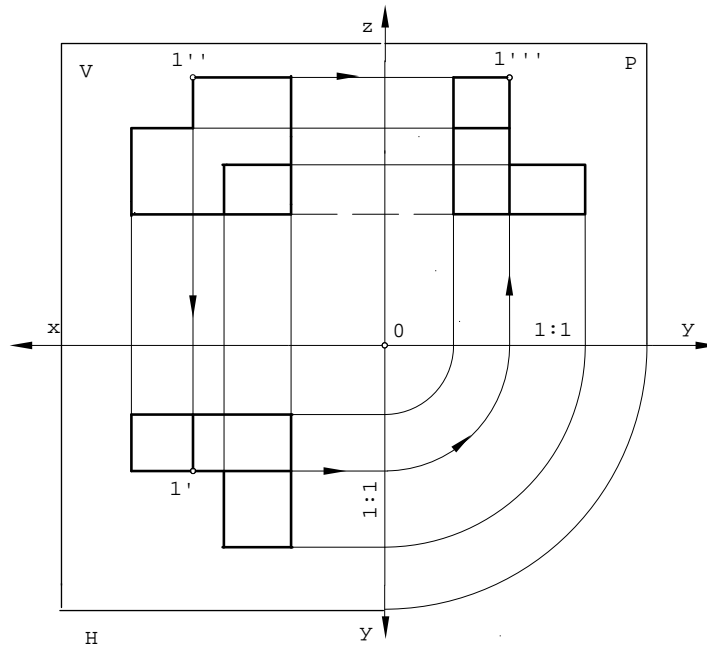


Сл.20. Постапка за добивање ортогонални проекции

На вака добиените ортогонални проекции на предметот можат да се означат сите негови димензии, со што истиот е определен и дефиниран во секој поглед. Меѓутоа, бидејќи правите агли помеѓу соседните рабови и сите должини што се паралелни на  $y$  - оската не се прикажани во својата вистинска големина, вака прикажаните ортогонални проекции на предметот се уште не се најпогодни за изработка на технички (работилнички) цртеж на предметот.

Поради тоа, хоризонталната проекциона рамнина  $H$  се завртува околу  $x$  - оската за  $90^\circ$  надолу, а профилната проекциона рамнина  $P$  се завртува

околу  $z$  - оската во десно за  $90^\circ$ . Со ова сите три проекциони рамнини  $H$ ,  $P$  и  $V$  се доведуваат во една рамнина, косо прикажаните прави агли помеѓу соседните рабови на предметот и неговите должини по  $y$  - оската се прикажуваат со својата вистинска големина (сл.21).



Сл.21. Ортогонални проекции

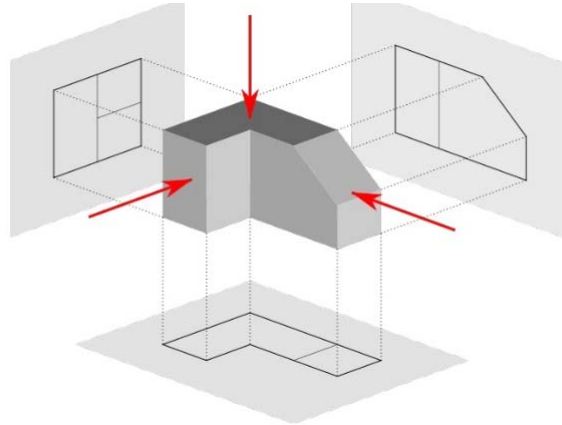
Методот на проектирање овозможува објектот да се претстави во ортогонални (Монжови) проекции врз хоризонталната, фронталната и профилната проекциона рамнина. Преку методот на ортогоналното проектирање се добива големината, формата и положбата на објектот.

Така добиените ортогонални проекции на предметот претставуваат основа во техничкото графичко комуницирање во светот на техниката.

Од просторниот изглед на објектот се повлекуваат нормални проективни зраци кон проекционите рамнини при што се добиваат проекциите на објектот. Од хоризонталната проекција се добиваат должините и големините по  $x$  и  $y$ -оската, од фронталната проекција по  $x$  и  $z$ -оската и од профилната проекција по  $y$  и  $z$ -оската.

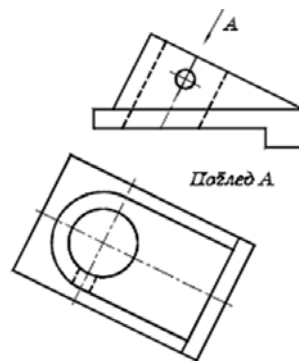
Со оддалечување на објектот од проекционите рамнини не се менуваат ортогоналните проекции што значи дека оддалеченоста или положбата на објектот во однос на координатните оски нема влијание врз изгледот на ортогоналните проекции на тој објект.

Проекциите на графичките елементи и објектите се нарекуваат погледи. Првата проекција е поглед од горе, втората проекција е поглед однапред и третата проекција е поглед од страна, односно поглед од лево. Проекциите и погледите претставуваат отсликување на оригиналниот објект на рамнина. Разликата помеѓу проекција и поглед е во тоа што погледите се цртаат поупростено, односно се избегнува цртање на координатен систем и невидливи линии.



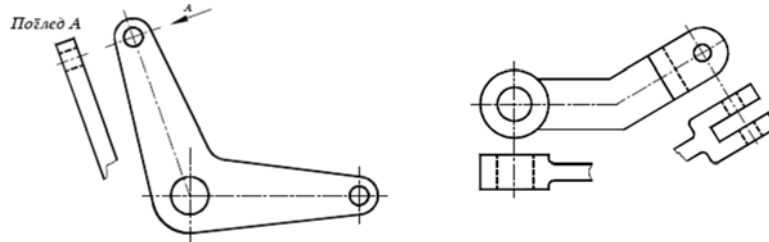
Сл.22. Постапка за добивање на ортогонални погледи на објект претставен во просторен изглед

За прикажување на поедини детали може да се применат делумни погледи при што не се прикажува целиот предмет во тој поглед туку само делот кој е значаен за тој поглед. Во зависност од обликот на телото може да се применат погледи нормални на некоја рамнина од објектот. Таквите погледи се нарекуваат *специјални погледи*. Специјалните погледи може да се поставуваат на цртачкиот лист на произволно место.



Сл.23. Специјален поглед

Ако специјалниот поглед е направен само заради дел од објектот и нема потреба да се црта целиот објект во специјален поглед, тогаш тој се скратува или се прекинува. Таквиот поглед се вика специјален и скратен поглед.



Сл.24. Специјален скратен поглед

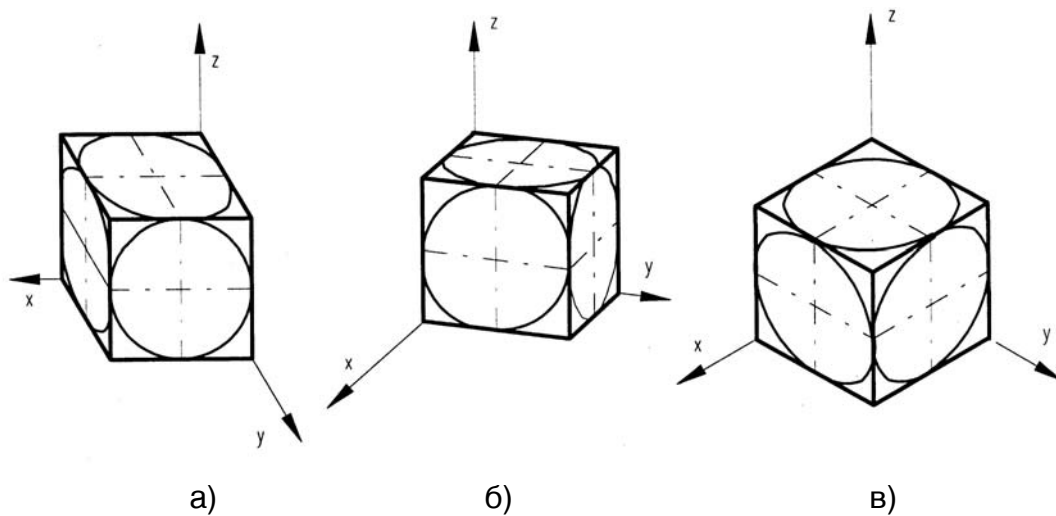
### 1.4.1.3. Аксонометриско проектирање

Аксонометриското проектирање е начин на просторно претставување на предметите и објектите. Кај аксонометриското проектирање еден од рабовите на предметот се црта вертикално, односно нормално на хоризонталната оска, секогаш во вистинска големина. Останатите рабови може да бидат претставени во својата вистинска големина или пак со скратени димензии.

Аксонометриските проекции може да бидат:

- *коса проекција*: скратени се димензиите по у-оската,
- *диметриска проекција*: скратени се димензиите по х-оската,
- *изометриска проекција*: сите три димензии се прикажани со своите вистински големини

Иако дава попрегледна и пореална слика за предметот, исто како и централната, аксонометриската проекција не може да послужи како основа за изработка на работилнички цртеж, туку само како дополнително појаснување на изгледот на предметот во простор.



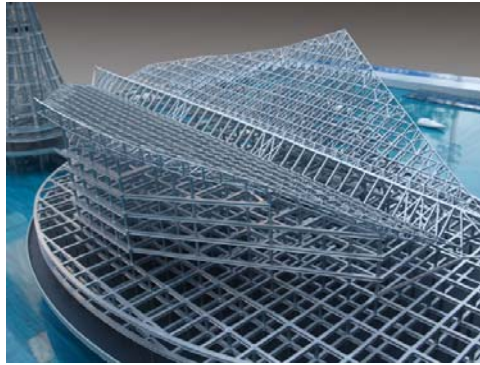
Сл.25. Аксонометриски проекции: а) коса, б) диметриска и в) изометриска проекција

На сл. 25. прикажана е коцка во коса, диметриска и изометриска проекција која со едно од своите темињата е сместена во координатниот почеток на просторниот координатен систем. Прикажани се исто така и впишаните кругови на страните на коцката. Од сликата се гледа дека само страната од коцката што лежи и страната што е паралелна со  $xOy$  рамнината во косата проекција е претставена во својот вистински облик и големина (квадрат и впишан круг). Во другите две проекции и во другите две проектирачки рамнини од косата проекција, страните на коцката се претставени како ромбови или ромбоиди, а впишаните кругови во нив како елипси.

## 1.5. ВИДОВИ МОДЕЛИ ЗА ПРЕТСТАВУВАЊЕ НА ГЕОМЕТРИСКИ ТЕЛА И ОБЈЕКТИ

Геометриските тела и објекти може да се претстават преку неколку видови модели со примена на компјутерската графика. Најчесто се претставуваат во три информациски модели: жичен модел, површински модел и модел на цврсто тело. Моделите се разликуваат по својата содржина, односно по колчеството и комплетноста на информациите што ги содржат.

*Жичен модел* е информациски модел кој ги содржи геометриските информации за телото, како што се положбата на темињата, рабовите и страните на телото. При изработка на жичен модел се користат само линии кои може да имаат најразличен облик, што значи дека страните на геометриското тело или објектот се претставени како мрежа од линии.



Сл.26. Жичен модел

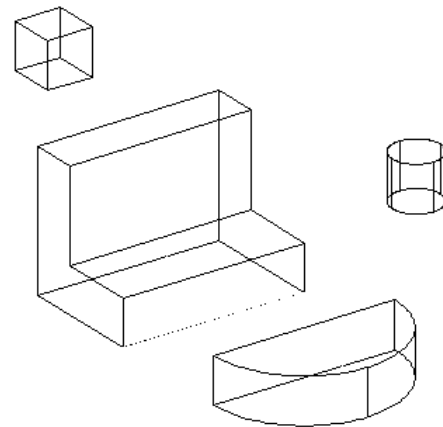
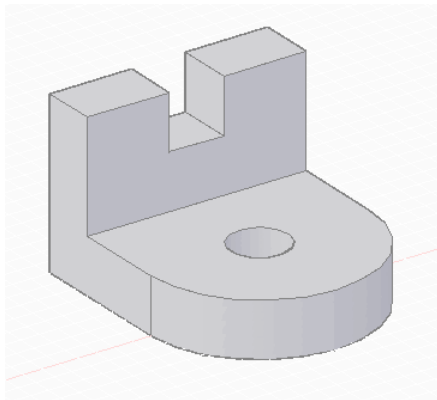
*Површинскиот модел* е информациски модел кој како и жичениот модел содржи геометриски информации и за разлика од жичениот модел, кај овој модел страните на телото или објектот претставени се како површини. Површинскиот модел овозможува определување на пресечна и продорна линија на обвивката и одредување видливост на телото, односно објектот.

*Модел на цврсто тело* е информациски модел кој содржи геометриски и тополошки информации за телото. Овој модел ги претставува геометриските тела и објекти како полни и цврсти, при што се разликуваат точки на површината на телото, во неговата внатрешност, како и надвор од телото, односно објектот. Ако се зададат и информации за материјалот од кој треба да се изработи телото, моделот ќе содржи и информации за инженерски потреби како што се: пресметки на тежиштето, момент на инерција, волумен, маса и др. Сите геометриски и тополошки информации содржани во методот на конечни елементи овозможуваат определување на напрегнувањата и деформациите. Значи, методите на проектирање, конструирање и изработка на објекти се поврзани со моделирањето на цврсти тела. Објектите се составени од две или повеќе геометриски тела. Кога ќе се изработи објектот по однос на неговиот цртеж, тој станува производ или предмет. Ако производот е наменет за употреба во машинството, тогаш станува збор за машински производ односно, машински елемент. Машински дел е машински производ кој е составен дел од конструктивниот склоп.

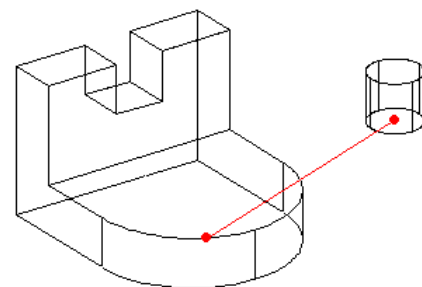
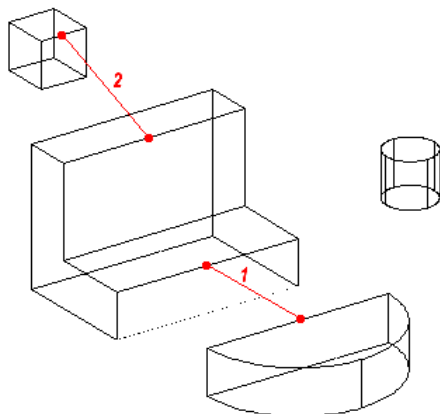
Моделирањето на објекти претставени во ортогонални проекции, подразбира поставување на објектите во просторен координатен систем и спојување и одземање на геометриски тела кои го сочинуваат тој објект.

### 1.5.1. Моделирање на цврсти тела

Моделирање на цврсти тела подразбира просторно претставување на повеќе геометриски тела со нивно спојување или одземање. Моделирањето се врши исклучиво на тродимензионални тела, со чие спојување или одземање се формира објект, кој понатаму станува производ. Со развојот на компјутерската графика овој начин на претставување на објектите станува се поактуелен. Развојот на моделирањето или познато уште како солид моделирање (Solid modeling) овозможува креирање на објекти во просторен изглед. Од просторната форма на објектот со задавање на погледи и пресеци се добива ортогонална претстава за објектот.



Објект во просторен изглед



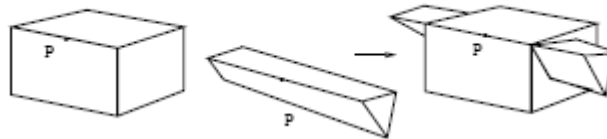
1 – спојување  
2 - одземање

Сл.27. Моделирање со спојување и одземање на тродимензионални тела

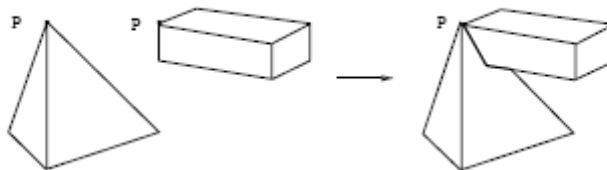
### 1.5.2. Продори на тела

Продор претставува множество на заеднички точки кое припаѓа на две или повеќе тела или површини. Телата имаат еден дел заеднички односно се продираат. Продорот на телата се забележува на нивните контурни површини создавајќи продорна линија.

Во однос на заедничката положба на двете тела во просторот се разликуваат случаи на целосен или потполн продор и непотполн продор или задор.



Сл.28. Целосен или потполн продор



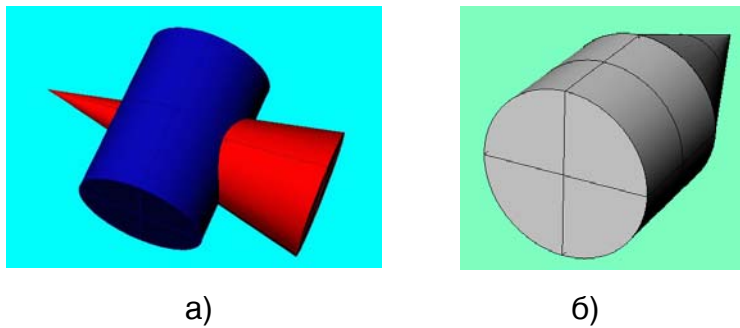
Сл.329. Непотполн продор или задор

Целосен или потполн продор (сл.28) настанува ако едното тело со сите свои рабови навлегува во другото. Тогаш продорната линија се состои од две независни продорни гранки.

Непотполн продор или задор (сл.29) настанува ако едното тело делумно со своите рабови навлегува во другото. Тогаш продорната линија се состои од една затворена гранка.

Се разликуваат продори на две рабести тела, рабесто и валчесто тело и на две валчести тела.





Сл.30. Продори на валчести тела: а) целосен или потполн продор;  
б) непотполн продор

## 1.6. ПРЕСЕЦИ И ПРЕКИНИ

Невидливите рабови и контури на внатрешноста на предметот може да се прикажат како видливи со цртање на замислени пресеци на предметот. Пресекот се црта на онаа рамнина, со која пресечната рамнина е паралелна. Во останатите погледи се покажува само проекцијата на пресечната рамнина. Пресек се црта само таму каде што за него се јавува потреба. За еден предмет понекогаш се потребни повеќе пресеци, а ако предметот е симетричен се црта половина пресек.

Најчесто, невидливи рабови се појавуваат поради отворите во предметите. Ако се изостават невидливите рабови, тогаш нема да биде дефинирана длабочината на отворите. Затоа, најчесто замислените пресечни рамнини се поставуваат низ отворите.

Површината што се јавува во пресекот се шрафира со тенки непрекинати линии, паралелни меѓу себе и на исто растојание, а под агол од  $45^\circ$  во лева или десна насока во однос на рабовите на предметот, или во однос на некоја оска на симетрија. Растојанието помеѓу линиите од шрафурата не смее да биде помало од 0,7 mm, а најчесто изнесува 3 mm.



Сл. 31. Шрафирање на пресеци

Соседните елементи на пресекот се шрафираат со лева и десна насока на шрафура.




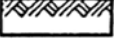
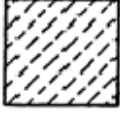
Сл. 32. Шрафирање на : а) соседни елементи на пресек;  
б) елементи со мала дебелина

Елементи со мала дебелина имаат густа шрафура или се зацрнува целиот пресек. Ако има повеќе елементи еден до друг, се остава бела линија меѓу нив за да се одвојат.

Видот на шрафурата зависи од видот на материјалот од кој што е изработен предметот.

Таб.6. Шрафирање на пресеците

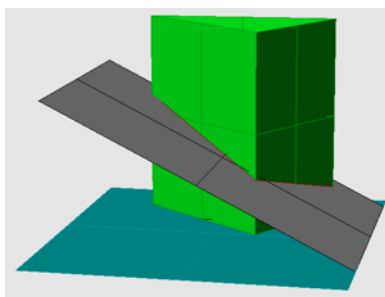
	<p>Полни тенки линии поставени под агол од 45° во лева или десна насока.</p>	<p>Метали (лиено железо, челик, бакар бронза, месинг, лесни метали, олово, цинк, калај, никел).</p>
	<p>Полни тенки линии поставени под агол од 45° и на двојно растојание хоризонтални полни тенки линии.</p>	<p>Изолациони и заптивни материјали (азбест, филтер, филц хартија, тврда и мека гума, кожа, парафин, восок и др).</p>
	<p>Испрекинати тенки линии поставени под агол од 45°.</p>	<p>Некои неметални материјали (стакло, мермер, порцелан и др).</p>

	<p>Слободорачна линија во напречен и надолжен пресек.</p>	<p>Дрво.</p>
	<p>Кратки линии поставени под агол од 45°.</p>	<p>Земја (терен).</p>
	<p>Испрекинати линии поставени под агол од 45° (еден ред се кратки, а еден ред подолги линии).</p>	<p>Тула и ѕидарски материјали (камен, бетон, огненоотпорни материјали и др).</p>

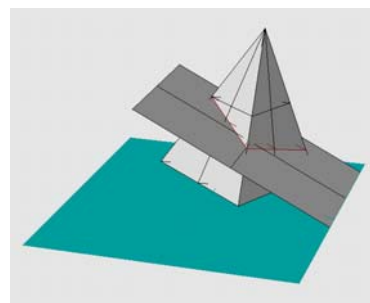
### 1.6.1. Пресеци на тела со рамнини

Пресек претставува множество на заеднички точки што припаѓаат на дадено тело и рамнината што го пресекува тоа тело. За едноставни геометриски тела пресекот може да биде многуаголник или рамнинска крива во зависност од тоа дали даденото тело е рабесто или валчесто тело.

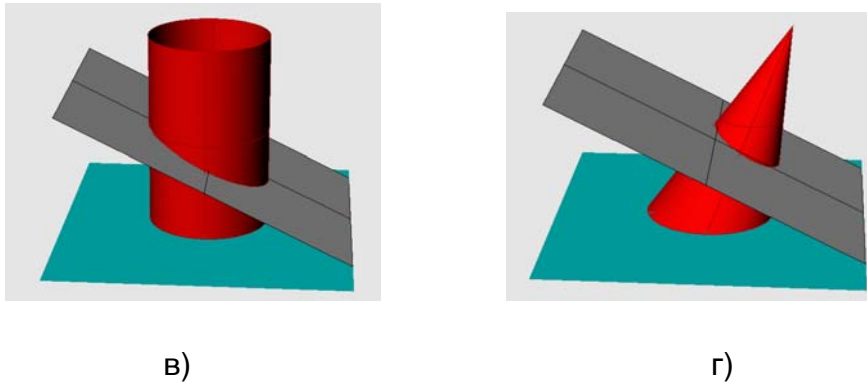
На сл.33 претставени се пресеци на едноставни геометриски тела.



а)



б)



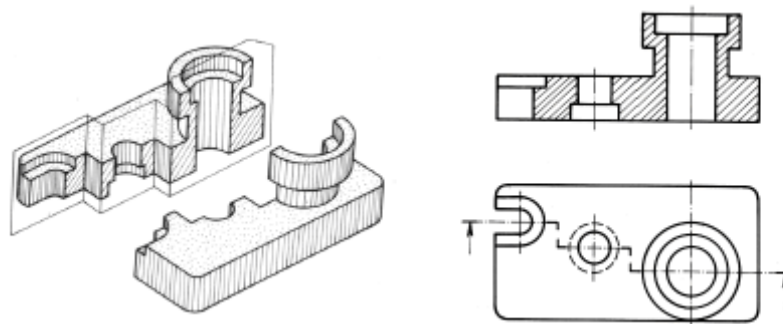
Сл. 33. Пресек со рамнина на : а) призма; б) пирамида;  
в) цилиндер и г) конус

Во инженерската графика најчесто се сретнуваат пресеци на тела со проекциони рамнини. За креирање на технички или работилнички цртеж неопходно е одредување на пресеците на геометриските тела со рамнини во ортогонални проекции.

### 1.6.2. Видови пресеци

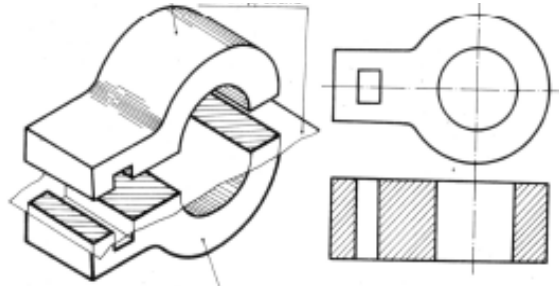
Во зависност од положбата на пресечната рамнина, пресеците може да бидат:

- *Фронтален пресек* – пресекот е направен со фронтална пресечна рамнина или рамнина паралелна со фронталната проекциона рамнина.



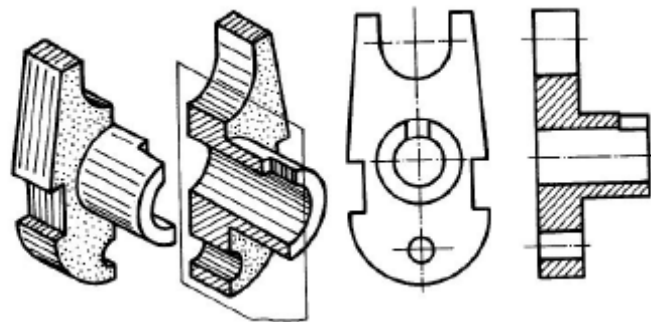
Сл.34. Фронтален пресек

- *Хоризонтален пресек* – пресекот е направен со хоризонтална пресечна рамнина или рамнина паралелна со хоризонталната проекциона рамнина.



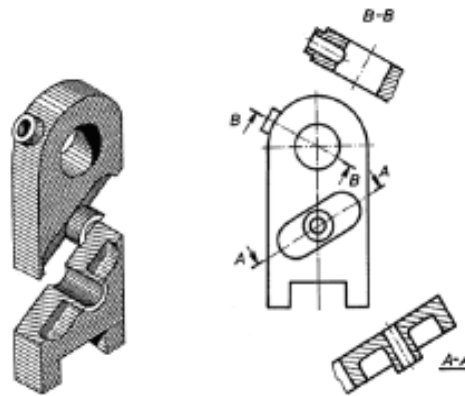
Сл.35. Хоризонтален пресек

- *Профилен пресек* – пресекот е направен со профилна пресечна рамнина или рамнина паралелна со профилната проекциона рамнина.



Сл.36. Профилен пресек

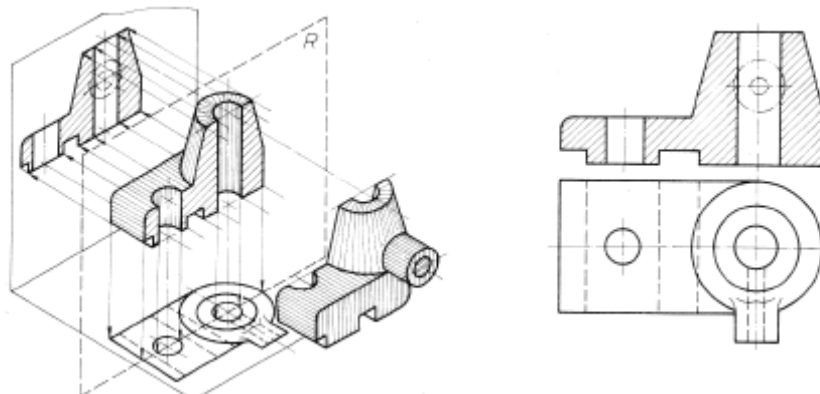
- *Кос пресек* – пресекот е направен со коса пресечна рамнина или рамнина косо поставена во однос на хоризонталната проекциона рамнина. Пресекот се обележува со црта-точка-црта тенка линија на краевите задебелена.



Сл.37. Кос пресек

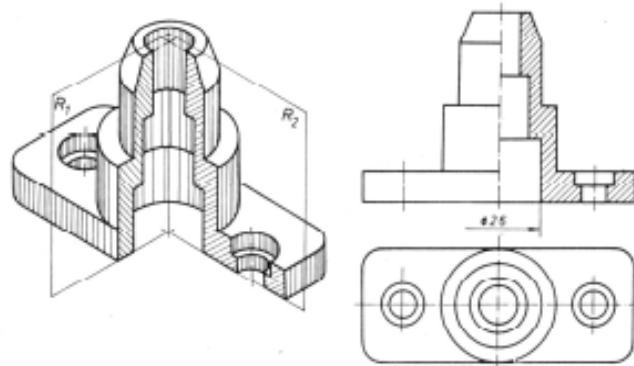
Во зависност од обликот на пресечната рамнина, пресекот може да биде:

- *Целосен или потполн пресек* – пресекот е направен со повеќе пресечни рамнини кои поминуваат низ отворите на предметот. Пресечните рамнини меѓу себе се поврзани и создаваат една искршена рамнина.

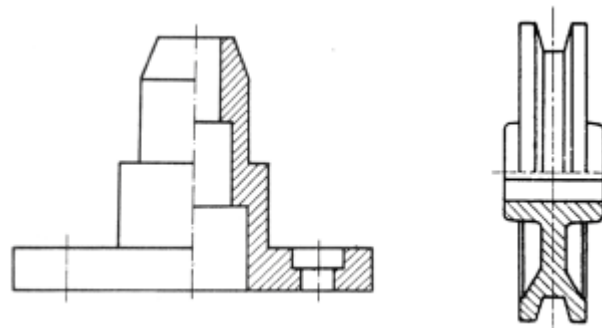


Сл.38. Целосен (потполн) пресек

- *Четвртински или половичен пресек* – ако предметот е симетричен во однос на две симетрални линии, се прави четвртински пресек кој е едноставен и не мора да се обележува. Ако предметот е симетричен во однос на една оска на симетрија се назначува половина пресек.

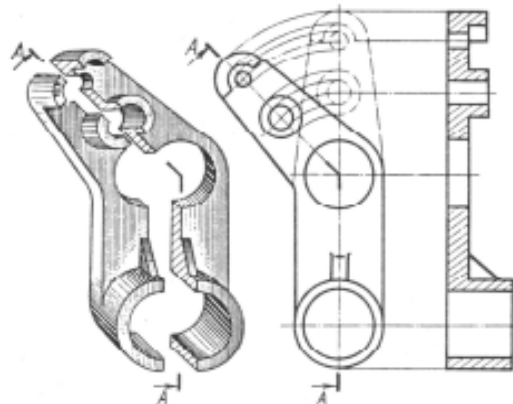


Сл.39. Четвртински пресек



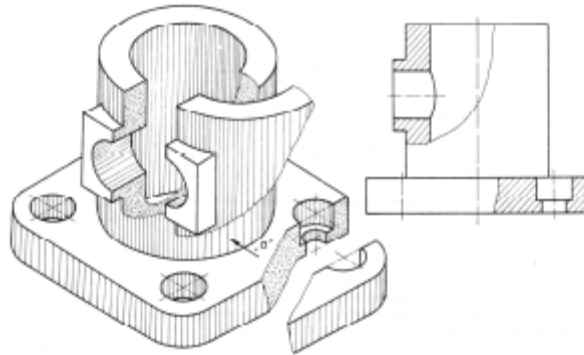
Сл.40. Половичен пресек

- *Завртен пресек* – ако дел од предметот е закосен (заротиран или завртен) во однос на другиот дел на предметот, се употребува завртен (заротиран) пресек. Закосениот дел се исправа и на така добиениот предмет се црта пресек.



Сл.41. Завртен (заротиран) пресек

- *Делумен пресек* – се прави кога не е неопходно голем дел од предметот непотребно да се шрафира или кога со поставување на пресечна рамнина не се дефинира целиот објект. Делумните пресеци завршуваат со слободорачна или цик-цак линија.



Сл.42. Делумен пресек

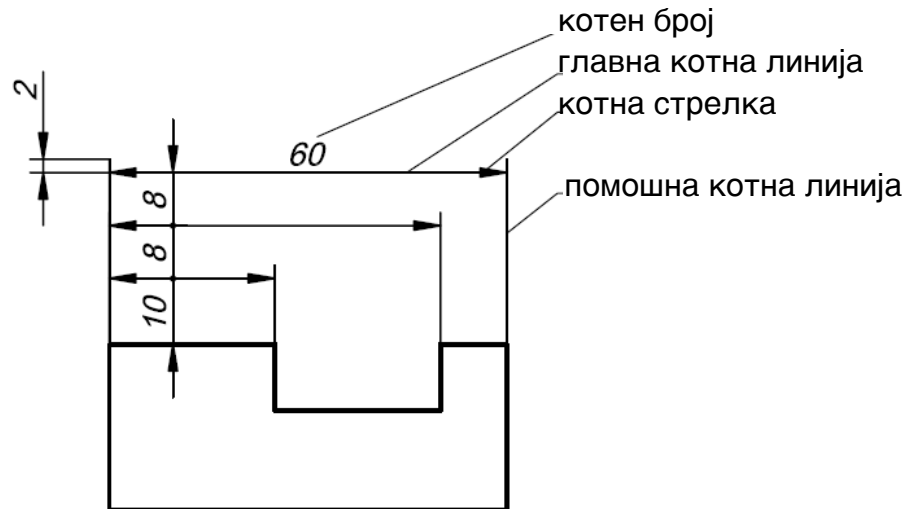
Во зависност од тоа дали предметот се сече по должина или напречно, пресеците може да бидат надолжен или напречен пресек.

## 1.7. КОТИРАЊЕ

Под поимот котирање се подразбира внесување бројни вредности на сите големини на предметот. Без разлика во кој размер е нацртан цртежот, внесените вредности се вистинските големини на предметот. Секоја димензија на предметот треба да се означи само еднаш, и тоа во онаа проекција или пресек, каде според обликот на предметот се постигнува најдобра прегледност за големината што ја претставува. Самата кота е составена од неколку елементи (сл.43) и тоа: главна и помошна котна линија, котни стрелки и котни броеви.

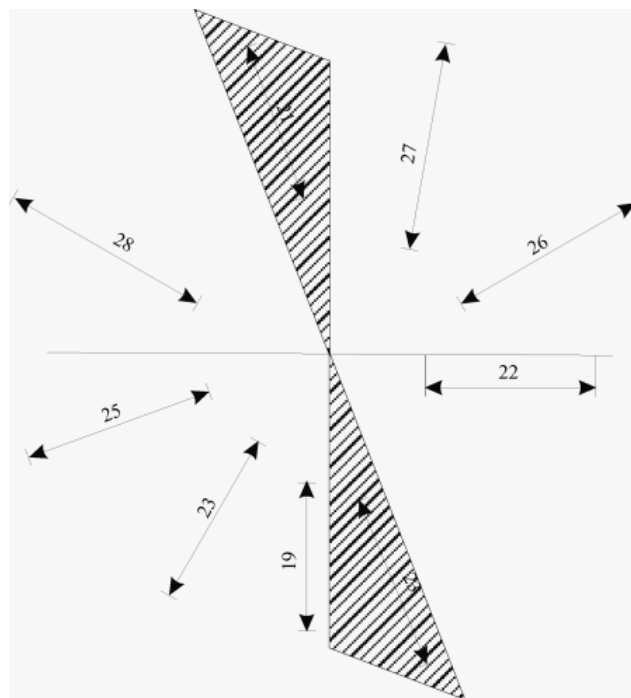
Кај машинското техничко цртање котниот број секогаш е даден во милиметри и ознаката „mm“ никогаш не се пишува. Само ако димензиите не означуваат должина, односно ако се во некоја друга мерна единица како на пр. степени, тогаш таа мора да се назначи.



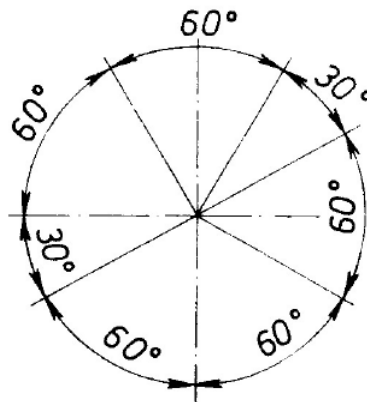


Сл.43. Елементи на котата

Котните броеви се нанесуваат над главните котни линии, паралелно со нив и по можност во средина. Котните броеви се нанесуваат одлево кон десно над хоризонталните и оддолу кон горе над вертикалните котни линии. Треба да се избегнува нанесување на линиски коти поставени под агли од  $90^\circ$ - $120^\circ$  и помеѓу  $270^\circ$ - $300^\circ$ .

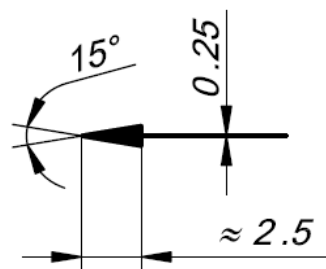


Сл.44. Поставување на линиски коти под различни агли



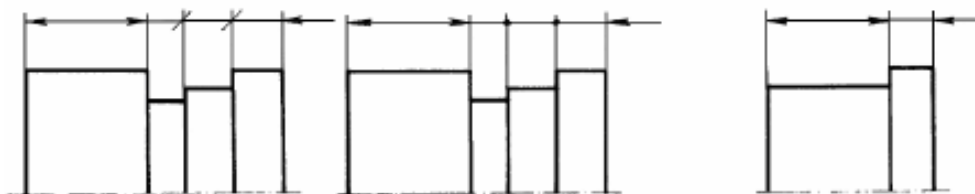
Сл.45. Поставување на котни броеви за агли

Котните стрелки се нанесуваат на внатрешната страна од главната котна линија ориентираны кон надвор.



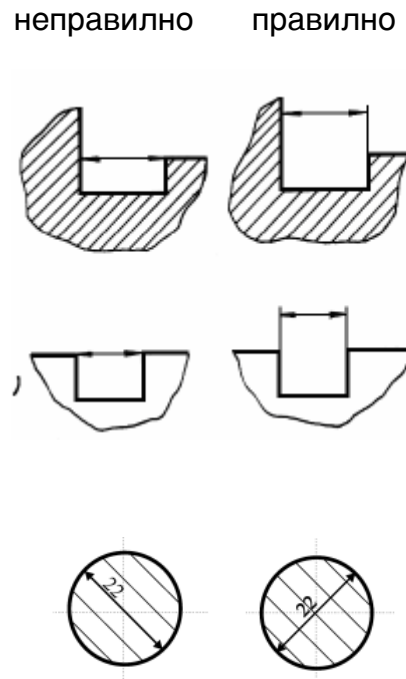
Сл.46. Димензии на котна стрелка

Ако димензијата што се котира е мала, стрелките се нанесуваат надвор од главната котна линија и доколку нема простор да се нанесат ниту однадвор, тогаш може да се употребат точки или коси црти наместо котни стрелки.



Сл.47. Поставување на котни стрелки и употреба на точки и коси црти

Котните стрелки не смеат да допираат две пресечни линии (контурни рабови, оскини линии, шрафурни линии и др.).

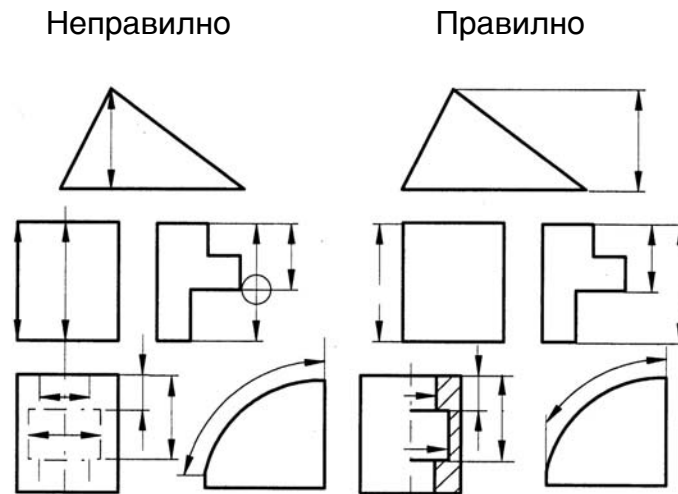


Сл.48. Правила кои се применуваат при цртање на главните котни линии

Правила кои се применуваат при цртањето на главните котни линии:

- Главна котна линија се црта со полна тенка линија, паралелна со површината или работ што го котира и е долга колку и самиот раб;
- котната линија не смее да се прекинува со помошна котна линија, и може да биде прекината само со контурни или линии од шрафурата;
- како главна котна линија не смеат да се користат оскини линии, симетрали и контурни рабови;
- главна котна линија не смее да се користи за котирање на невидливо прикажани рабови и контури;
- котата за височина на триаголник не смее да лежи на самата височина, туку треба да биде извлечена надвор од триаголникот;

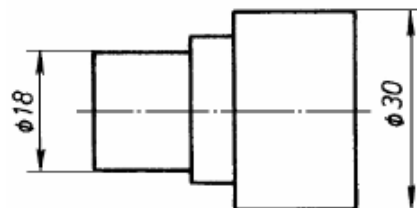
- при котирање на должина на кружен лак, главната котна линија претставува лак, концентричен со лакот чија должина ја дефинира;
- првата котна линија од контурите на погледите мора да е оддалечена за **10 mm**, растојанието меѓу паралелни котни линии е **8 mm**, односно минималното растојание не смее да е помало од **6 mm**.



Сл.49. Правила кои се применуваат при цртање на главни и помошни котни линии

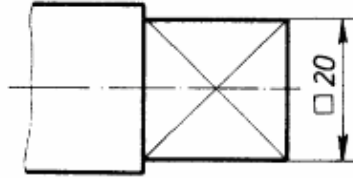
Котни знаци се употребуваат при котирањето:

- Дијаметар на цилиндер или цилиндричен отвор кој не се проектира во круг се котира со употреба на знакот  $\varnothing$ , кој се поставува пред котниот број.



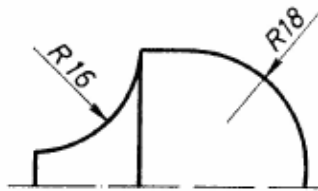
Сл.50. Котирање на дијаметар

- Страна на квадрат од квадратна призма или призматичен отвор кој не се проектира во квадрат, се котира со употреба на знакот  $\square$ , кој се поставува пред котниот број.



Сл.51. Котирање на квадратен пресек

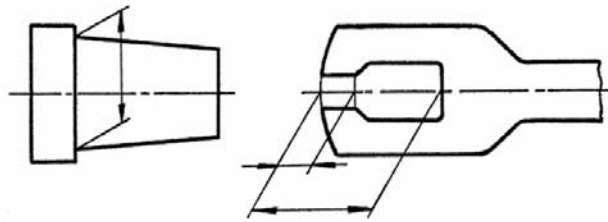
- Радиус на кружен лак се котира со употреба на буквата  $R$ , кој стои пред котниот број и тоа во случај да не е дефинирана положбата на центарот на кружниот лак.



Сл.52. Котирање на радиус

Правила кои се применуваат при цртањето на помошните котни линии:

- Најчесто, помошната котна линија се поставува под прав агол на работ што се котира, а ја поминува главната котна линија за **1 до 2 mm**;
- помошната котна линија се црта косо во однос на работ што се котира само во случај ако цртежот станува појасен и попрегледен;
- видливите рабови на предметот и оскините линии може да се користат како помошни котни линии.

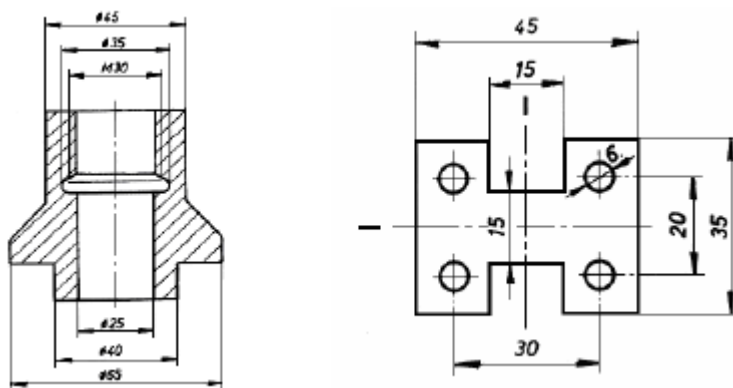


Сл.53. Поставување на закосени помошни котни линии

### 1.7.1. Видови котирања

Во однос на појдовната точка и поставеноста на котните линии кои ги дефинираат димензиите на предметот на цртежот, се разликуваат: симетрично, паралелно, сервиско и комбинирано котирање.

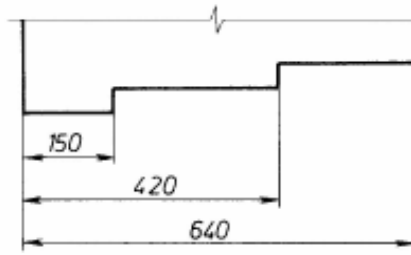
- *Симетрично котирање* се изведува на предмети кои се симетрични во однос на една или две оски, при што котните линии се поставуваат симетрично во однос на оската на симетрија.



Сл.54. Симетрично котирање

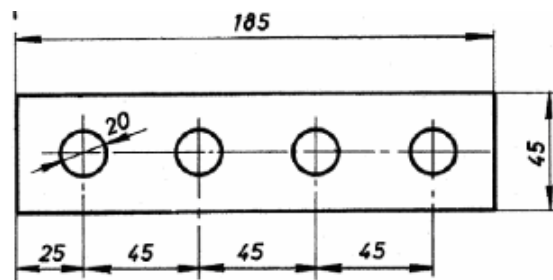
- *Паралелно котирање* се добива кога котните линии меѓу себе се паралелни и секоја котна линија има иста појдовна точка. Котните линии тргнуваат од појдовната точка и се поставуваат паралелно

една со друга почнувајќи од најмалата па се до онаа со најголема должина.



Сл.55. Паралелно котирање

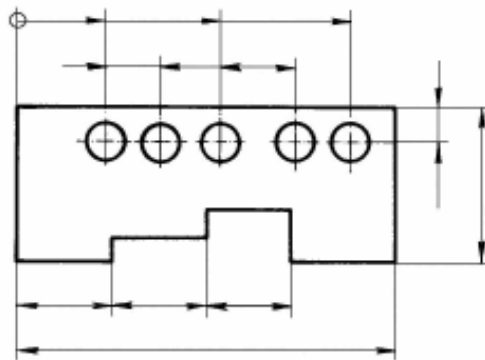
- *Сериско (редно) котирање* се добива со поставување на котните линии сериски, континуирано и последователно од една појдовна точка.



Сл.56. Сериско (редно) котирање

Ваквиот начин на котирање се применува кај делови кај кои збирот на отстапувања на поголем број вредности во низа нема влијание на функционалноста на делот, кој што е самостојно употребен или подоцна поставен во склоп.

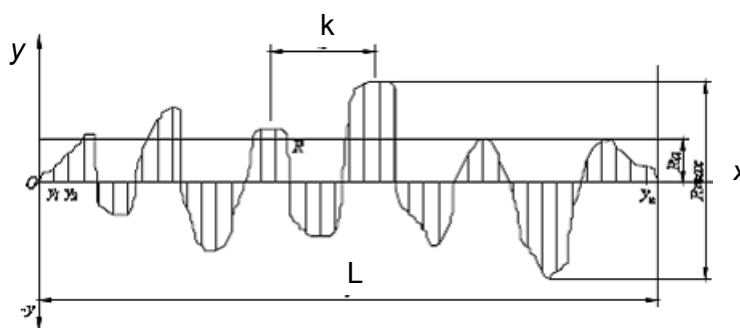
- *Комбинирано котирање* е спој на симетрично, паралелно и сериско котирање. Вредностите кои при изработка на деловите треба да обезбедат негово правилно функционирање или склопување, се дадени со положбата од основните вредности, а на нив сериски се надоврзуваат останатите вредности.



Сл.57. Комбинирано котирање

### 1.7.2. Ознаки за квалитет на површинска обработка

Секој работилнички цртеж покрај дефинираниот геометриски облик со сите погледи и пресеци, димензиите и материјалот од кој ќе биде изработен, дефиниран е и со дозволените толеранции и квалитетот на изработка. Работилничкиот цртеж потребно е да содржи ознаки за квалитет на површинска обработка (дозволена рапавост), како и површинска заштита (од корозија и сл.). Отстапувањето од идеалните геометриски површини при обработката претставува рапавост или квалитет на површината (сл.58).



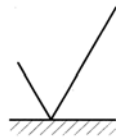
Сл.58. Квалитет на површината: L-референтна должина, R-ефективен профил, k-чекор на нерамнините, y-растојанија до профилот, Ra-средно отстапување и Rmax-најголема висина на нерамнините



Постојат стандардни прописи на знаците за квалитет на површинска обработка со одредена геометриска форма и со бројна вредност на степенот на најголемата дозволена рапавост на површините.

Знаците по својата геометриска форма претставуваат рамностран триаголник со продолжен крак. Димензиите на знакот зависат од големината на форматот на цртежот.

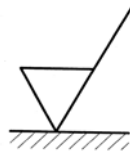
Основниот знак за означување на квалитетот на површините се состои од два крака прави линии (еден подолг и еден пократок) поставени под агол од  $60^{\circ}$



Сл.59. Основен знак за означување на квалитетот на површините

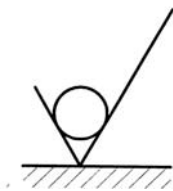
Притоа се можни следните комбинации:

Кога треба да се симне материјал преку обработка, тогаш кон основниот знак се додава хоризонтална линија.



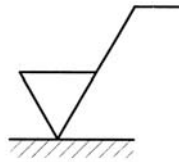
Сл.60. Знак за потребно симнување материјал преку обработка

Кога не се дозволува симнување на материјалот при обработка на предметот, тогаш се додава круг.



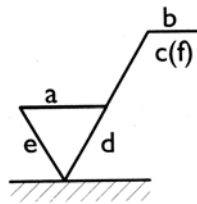
Сл.61. Знак за недозволено симнување на материјал преку обработка

Кога треба да се означуваат специјалните карактеристики на површината, тогаш кон подолгиот крак, и со било кој од претходните знаци, се додава продолжена линија (сл.62).



Сл.62. Ознаки за специјалните карактеристики на површината

Дополнителните ознаки на знакот се прикажани на сл.63.



Сл.63. Дополнителни ознаки

Притоа, дополнителните ознаки ги означуваат следниве особини:

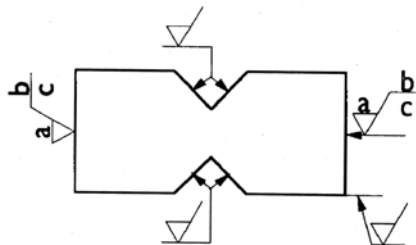
- a – вредноста на рапавоста  $R_a$  ( $\mu m$ ) или број на квалитетот на рапавоста од N1 до N12;
- b – метод на производство, постапка, превлека и слично;
- c – референтна должина во  $\mu m$ ;
- d – насоката на простирање на нерамнините;
- e – додаток на машинска обработка во  $\mu m$ ;
- f – други вредности на рапавоста во  $\mu m$ .

Површинската рапавост се дефинира со задавање на бројна вредност над знакот за површинска обработка во  $\mu m$  или со внесување на ознака на класата на површинската обработка (таб.7)

Таб.7. Ознака за класата на површинска обработка

Најголема вредност за Ra ( $\mu m$ )	Ознака на класата на површинска рапавост
0,025	N1
0,05	N2
0,1	N3
0,2	N4
0,4	N5
0,8	N6
1,6	N7
3,2	N8
6,3	N9
12,5	N10
25	N11
50	N12

Знаците и ознаките за површинската рапавост треба да бидат така ориентирани, за да можат лесно да се прочитаат и се поставуваат на површината која треба да се обработи со одреден квалитет на рапавост на страната од која што може да се обработи материјалот. Ознаките и додатните ознаки се поставуваат од лево кон десно и од долу кон горе, во зависност од поставеноста на знаците, а во однос на заглавието на форматот.



Сл.64. Поставување на знаци за квалитет на површинска обработка

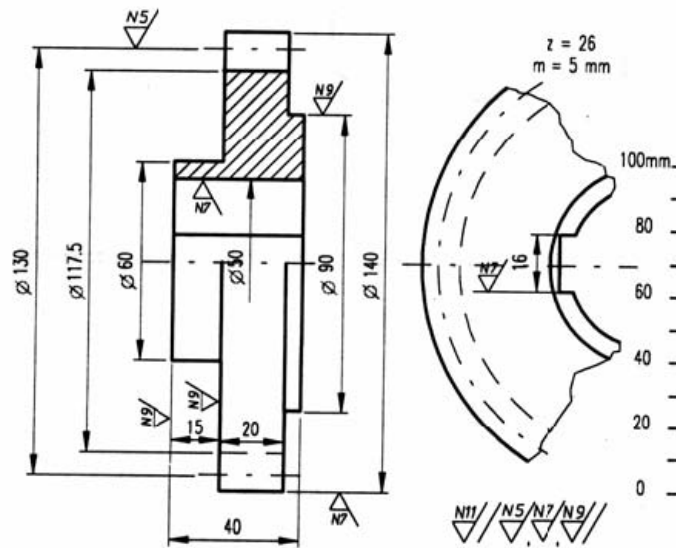
Ако е предметот прикажан во повеќе проекции, ознаката на квалитетот на површините се поставува само на едно место, најчесто каде што е таа површина котирана. Два дела меѓусебно ако се налегнуваат, независно дали имаат или немаат ист квалитет на допирната површина, ознаката се поставува од двете страни на заедничката контурна линија или на местото каде што таа линија се продолжува.

## 1.8. РАБОТИЛНИЧКИ ЦРТЕЖИ

Технички цртеж на предметот што е прикажан со една или повеќе ортогонални проекции во кои, по потреба, се прикажани доволен број пресеци и прикажаниот предмет е потполно дефиниран во поглед на неговите димензии, материјал и квалитет на обработка на сите негови внатрешни и надворешни површини, се нарекува работилнички цртеж.

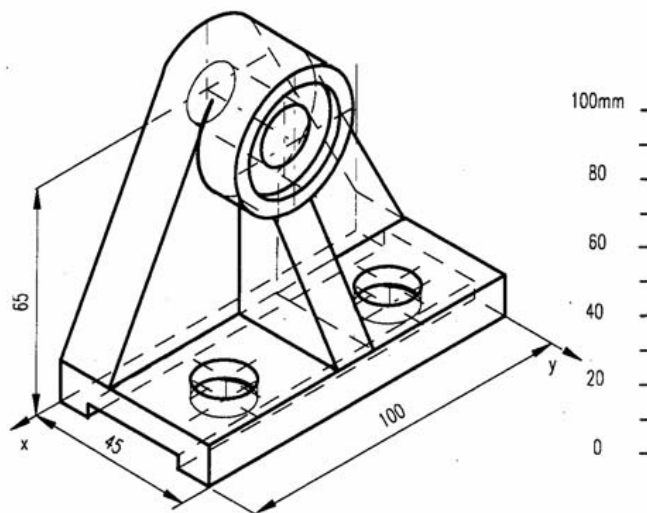
Изработката на работилнички цртеж се изведува преку:

- определување на формата на предметот со создавање визуелна претстава за неговиот внатрешен и надворешен облик;
- определување на потребниот број погледи и пресеци (проекции) и нивниот распоред;
- цртање на самите погледи (проекции), цртање на симетралите, сите оски на цилиндричните делови на предметот, со истовремено цртање на видливите и невидливите рабови на предметот;
- цртање на однапред замислените пресеци, што е потребно за целосното прикажување на внатрешната конфигурација на предметот;
- внесување коти, и поставување на потребните ознаки за квалитетот на обработката на површините од предметот;
- дефинирање и пропишување на материјалот од кој треба да се изработи предметот.

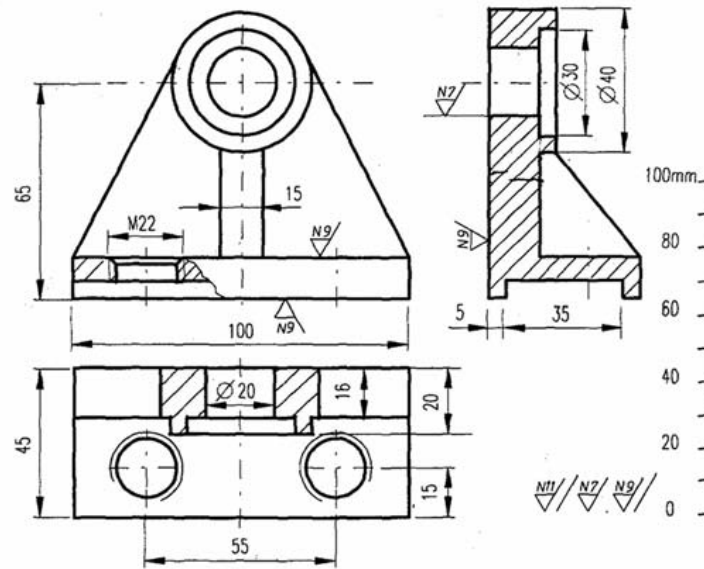


Сл.65. Работилнички цртеж на запченик

На сл.66 и сл.67 претставени се предмети во просторен изглед и нивните работилнички цртежи.



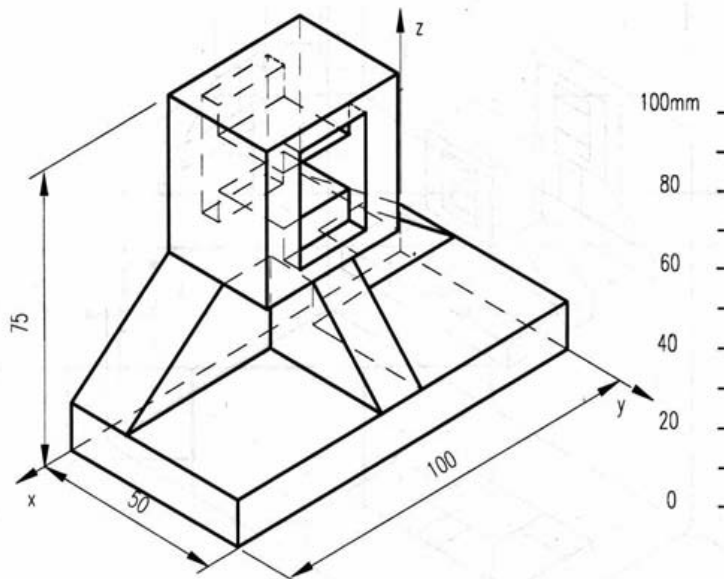
предмет бр.1.



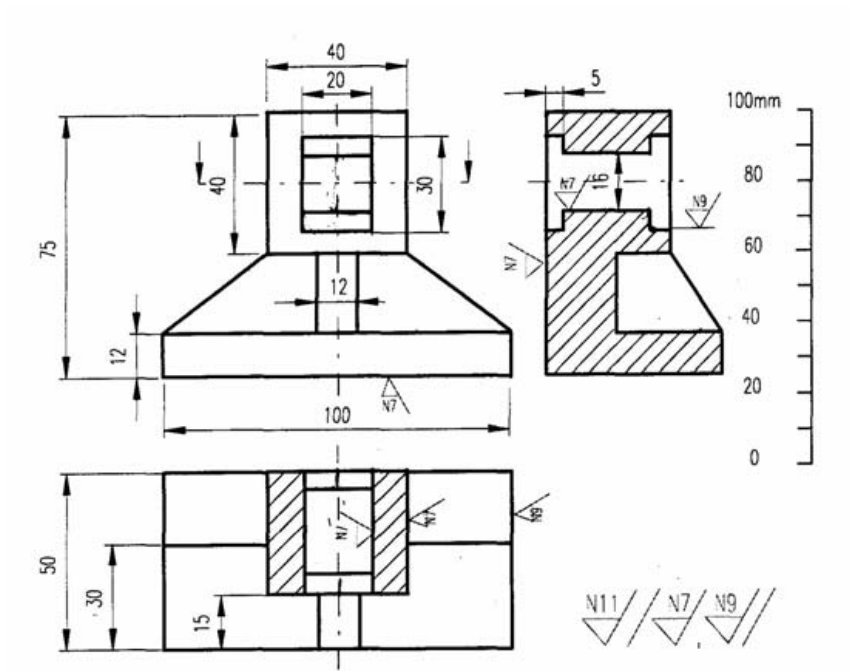
ички цртеж бр.1

работилнички цртеж бр.1

Сл.66. Просторна претстава на предмет и негов работилнички цртеж



предмет бр. 2.



работилнички цртеж бр.2

Сл.67. Просторна претстава на предмет и негов работилнички цртеж

## 2. КОМПЈУТЕРСКА ГРАФИКА

Компјутерската графика се дефинира како збир на методи и техники за конверзија на податоци кои се обработуваат компјутерски и се прикажуваат графички.

Компјутерската графика служи за изработка на цртежи, обработка на слики и анимации во две или три димензии, статички или динамички, како и нивно моделирање со примена на компјутери при што се потребни:

- хардвер (хард диск, монитор, плотер итн.);
- графички кориснички интерфејс (Graphic User Interface-GUI), односно интерфејс на современи оперативни системи и апликациски софтвери, мултимедијални системи и графички мултимедијални програми со помош на кои содржината се прикажува на оптички дискови: CD-ROM, DVD и др.

### 2.1. ПРИМЕНА НА КОМПЈУТЕРСКАТА ГРАФИКА

Изработката на дводимензионални и тродимензионални цртежи (статички или динамички), нивна модификација, обработка на слики (дводимензионални статички слики за стрипови, динамички слики во движење кои се среќаваат кај анимациите како и обработката на фотографии) во денешно време речиси во потполност се изведува со примена на компјутерската графика. Реалните слики кои се составен дел на современите видео игри и симулациите на виртуелната реалност не би биле можни без примена на на современите капацитети на компјутерската графика.

Компјутерската графика исто така наоѓа голема примена и во научните визуелни симулации, дисциплини во кои се користат слики и бои за моделирање на комплексните феномени како што се: струењето на воздухот, движењето на електроните во електрично поле и др. Значајна примена има во инженерството и дизајнот каде дизајнираните објекти се цртаат и моделираат со примена на компјутери, и се прават симулации и анализи со помош на специјализирани програми или информациски системи.

Компјутерската графика наоѓа широка примена во науката, особено инженерството, индустријата, архитектурата итн.



Најчесто се применува за:

- Дизајн и моделирање на тродимензионални компјутерски модели за потребите на инженерството, архитектурата, индустрискиот дизајн (за изработка и преуредување на дизајнот и промоција на одредени производи), во медицината (за потребите на хирургијата), како и во уметноста (за обработка на уметнички слики и фотографии);
- Проектирање со примена на компјутери (Computer Aided Design-CAD) во денешно време стандардно се употребува за проектирање на состави и компоненти во градежништвото, електротехниката, електрониката, телекомуникациите и др;
- Интерактивно цртање: претставува научна и технолошка примена на компјутерската графика и се користи за прикажување на функции, дијаграми, хистограми и слични графички прикази со цел за полесно согледување и проучување на појавите, како и олеснување на процесот на анализа и одлучување;
- Управување со процесите: излезните сигнали од сензорите на инструментите даваат динамички приказ во соодветна графичка форма;
- Изработка на графички модели со примена на сложени алгоритми и математички системи (нумеричка механика), со чија помош се симулираат динамичките својства на различни флуиди во метеорологијата, вулканската геологија, физиката, а особено флуидите кои наоѓаат широка примена во инженерството, како и во медицината (за симулација на движењето на крвта низ крвните садови и др.);
- Графичко програмирање: се применува за автоматизација на процесите преку програмирање на инструментите и апаратите како и самите машини во индустриските процеси);
- Изработка и обработка на статични дводимензионални цртежи и слики (векторска и растерска графика) за потребите на графичкиот дизајн, индустрискиот печат (обработка на текст) и др;
- Симулација и анимација – компјутерската графика главно се користи за научна и инженерска визуелизација, меѓутоа и за забава (видеоигрите и моделите на виртуелната реалност претставени се со тродимензионален визуелен приказ во реално време);
- Географски информациски состави - за точно прикажување на географската положба и распространетоста на географските состави како и мерните податоци;
- Уметност-за креирање на уметнички слики и обработка на фотографии;

- Трговија-компјутерската графика се употребува за визуелна анимација и електронска трговија.

## 2.2. ГРАФИЧКИ СТАНДАРДИ

Во компјутерската графика се применува стандардизација, односно се употребуваат графички стандарди.

Развојот на компјутерските системи и потребата за пренос на апликативни програми допринеле за употреба на добро дефинирани стандардни методи независно од производителот.

Основните предности на графичките стандарди се:

- пренос на апликативни програми и апликации независно од оперативниот систем;
- пренос на податоци помеѓу апликациите;
- пренос на стручни знаења и стручни искуства.

Значајна улога во воведувањето на графичките стандарди има Меѓународната организација за стандардизација (ISO) која ги има воведено стандардите на апликацискиот програмски интерфејс - API (Application Program Interface). Овие стандарди овозможуваат програмски пристап на графичкиот систем како резултат на создавањето на единствен добро дефиниран интерфејс.

Првиот меѓународен стандард за компјутерска графика бил специфициран во 1985 год. под името **GKS** - Graphical Kernel System (GKS, IS 7942:1985). GKS содржи методи за 2D графика независно од уредите и резолуцијата. Основниот концепт на GKS стандардот е *сегмент* кој претставува групирани и логички поврзани едноставни форми.

Во 1989 год. воведен е **PHIGS** - Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System (PHIGS, IS, 9592:1989) со кој стандард е дефиниран посложен графички систем со подобрена интеракција и 3D хиерархиско структурирано моделирање. Основниот концепт на овој стандард е *структура* која претставува збир од хиерархиска група на 3D едноставни форми. Овој стандард вклучува и динамичко движење на објектите како и нивна модификација (поместување, ротација, промена на големината на објектите и сл).

Заради потребите од компатибилност на GKS и PHIGS во 1988 год. воведен е **GKS-3D** (GKS-3D, IS 8805:1988) стандардот кој претставува минимално проширување на GKS стандардот, кое проширување овозможува работа со 3D графика. Подобрена верзија на стандардот PHIGS специфицирана е во 1993 год, наречена **PHIGS PLUS** (IS 7943, 1993), која вклучува нови методи за 3D графика, вклучувајќи ги закривените површини, овозможува подобрување на квалитетот на боите и симулација на едноставните закони на оптиката за осветлување и поставување на сенки на објектите.

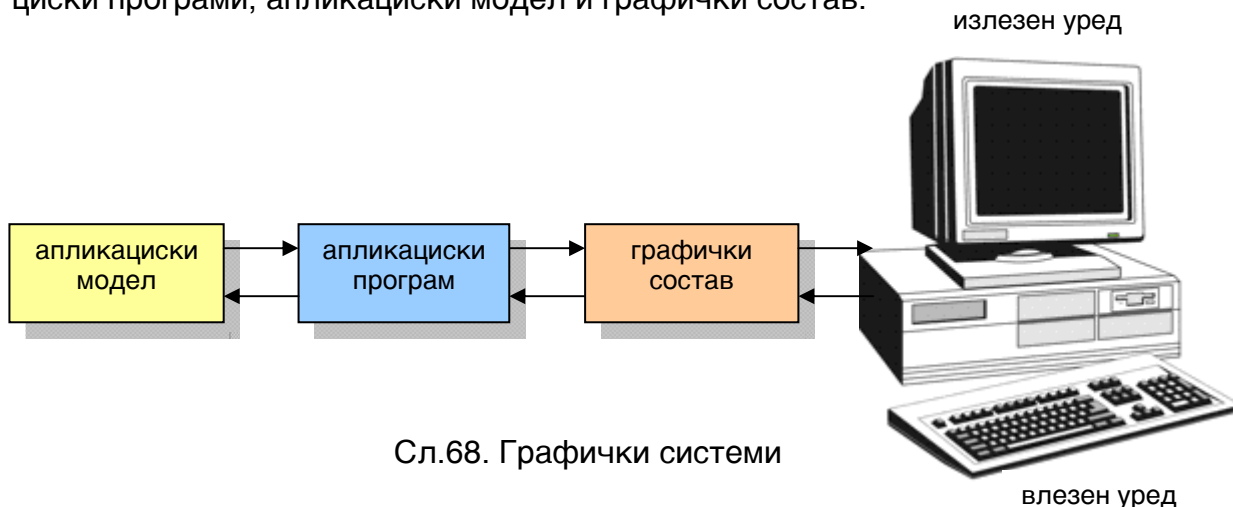
Со цел за обединување на индустриите за воведување на еден единствен графички стандард, во 1992 год. создаден е **ARB** ( Architecture Review Board) кој управува со развојот на **Open GL** (Open Graphic Library) технологиите.

Open GL се состои од неколку стотини различни наредби потребни за изработка на интерактивни 3D апликации, а истиот е независен од конфигурацијата на хардверот и од применетиот оперативен систем.

Со воведувањето на графичките стандарди овозможено е користење на софтверски библиотеки (Open GL библиотеките и др), алатки, стручна литература и размена на стекнатите искуства и знаења со што се намалува времето потребно за изучување и примена на компјутерската графика.

### 2.3. ГРАФИЧКИ СИСТЕМИ

Системите за компјутерска графика опфаќаат: хардверски дел, апликациски програми, апликациски модел и графички состав.



Сл.68. Графички системи

влезен уред

1. *Хардверскиот дел* овозможува прием на податоците од влезниот уред и нивно пренесување кон излезниот уред (дисплеј);
2. *Апликацискиот програм* овозможува размена на податоците помеѓу апликацискиот модел и графичкиот систем, и служи за:
  - пребарување на апликациски бази на податоци и пренос на податоци и информации неопходни за прикажување на избраниот дел од моделот кој треба графички да се претстави;
  - претворба на податоците во формат кој што е погоден за влез во графичкиот состав.

Апликациските графички програми содржат апликациски модел кој ги содржи сите податоци и објекти, како и односите помеѓу нив.

3. *Апликацискиот модел* ги обработува и прикажува податоците или објектите кои треба да бидат прикажани во графичка форма на излезниот уред.

Апликацискиот модел е поврзан со показниот и интерактивниот дел на апликацискиот програм или на графичкиот модул за обработка на податоци и ги претставува објектите преку комбинација на податоци и процедури независно од показниот уред.

Апликацискиот модел содржи:

- едноставни геометриски форми како што се: точка, линија и др, потоа 2D и 3D објекти, различни просторни површини и други составни делови на моделот на објектот;
  - атрибути на објектот: видови линии, дебелина и боја на линии, структура на површини и сл;
  - односите помеѓу објектите и односите помеѓу деловите на објектот: поврзување на линии, спојување на карактеристични точки и др;
  - податоци за положбата, односно поставеноста на објектот и положбата на деловите на објектот.
4. *Графичкиот состав* претставува посредник помеѓу апликацискиот програм и показниот уред, и дава:
    - излезна трансформација: го трансформира објектот преку апликацискиот модел во графички приказ на моделот;

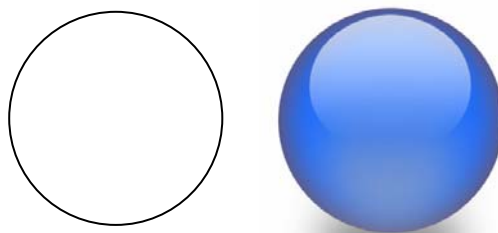
- влезна трансформација: ги трансформира влезните податоци за апликативниот програм да може да врши модификација на моделот, сликата или цртежот.

Графичкиот состав произведува визуелен приказ на излезниот уред во вид на графички излезни делови кои даваат информација за тоа што и како треба да се прикаже. Составен е од повеќе подпрограми или графички пакети кои се изработуваат во некои од програмските јазици како што се : C, Pascal, LISP и др. Подпрограмите ги активираат показните уреди со цел да дадат графички приказ на едноставните геометриски форми и некои атрибути преку соодветниот апликациски програм.

#### 2.4. ДВОДИМЕНЗИОНАЛНА (2D) И ТРОДИМЕНЗИОНАЛНА (3D) ГРАФИКА

- *Дводимензионалната (2D) графика* дава приказ на некоја слика или цртеж претставени во две димензии.

2D-графичките формати се користат во техничкото цртање, топографијата, картографијата, изработката на реклами итн. Дводимензионалната графика се применува за изработка на геометриски модели (векторска графика), дигитални фотографии (растерска графика), изработка на текст (дефиниран преку содржината, фонтот, големината на буквите, бојата, порамнувањето и ориентацијата на буквите), математички функции, формули итн. Наведените компоненти може да се менуваат преку дводимензионални геометриски трансформации со примена на математички закони.



Сл.69. Дводимензионална графика

Во 2D- графиката можно е со помош на осветлување и сенчење или пак со помош на бои и форми да се добие изглед како и кај тродимензионалната графика.

Фотографиите се дводимензионални слики кои многу реално го прикажуваат тродимензионалниот простор, меѓутоа објектот кој што е прикажан на нив е забележан само во еден момент што значи дека станува збор за дводимензионална графика.

- *Тродимензионалната (3D) компјутерска графика опфаќа:*
  - 3D моделирање;
  - 3D геометриски трансформации;
  - 3D визуелизација и
  - 3D репрезентација на објектите и рендеризирање.

Кај тродимензионалната графика сликата се состои од збир на објекти поставени во виртуелен простор во меморијата на компјутерот. Изгледот на тродимензионалната слика зависи од просторните односи на објектите како и од аголот на набљудување. Познато е дека сите компјутерски уреди за презентација на графички прикази се дводимензионални што значи дека и 3D формите мора да се прилагодат на дводимензионален приказ.

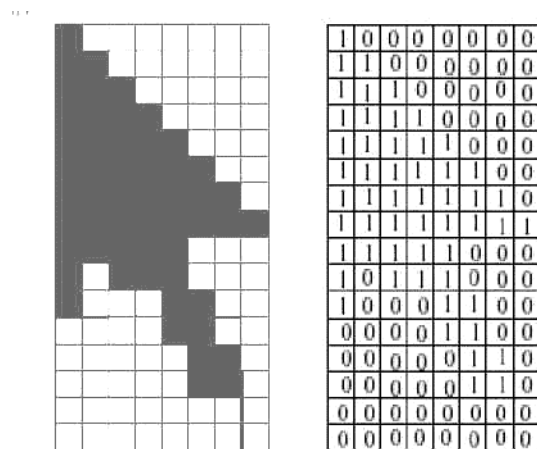
## **2.5. РАСТЕРСКА И ВЕКТОРСКА КОМПЈУТЕРСКА ГРАФИКА**

### **2.5.1. Растерска графика**

Растерската или битмап графика прикажува слики составени од правилно распоредени елементи со постојана големина и форма тн. пиксели кои имаат единствена вредност на боја или интензитет на осветлување.

Растерската слика е составена од пиксели со различен интензитет на осветленост и бои, поставени во правилно распоредена правоаголна мрежа на сликата. Таквата мрежа претставува битова матрица (bit map) чии елементи (1,0) претставуваат светлина (или боја) на соодветните елементи распоредени во правоаголна мрежа на осветлените точки (пиксели) на показниот уред во дводимензионален систем (со капацитет на информации: 1 bit/pixel).

Ако составните елементи на сликата (пиксели) се многу мали и густо распоредени, тогаш човековото око не може да ги препознае како единечни елементи и истите ги гледа поврзани во континуирана слика. Зависно од бројот на бои, потребно е за секој елемент на сликата да се одвои различен мемориски простор. За црно-белите слики доволен е еден бит (0-бело, 1-црно), затоа ваквите слики зафаќаат помал мемориски простор.



Сл.70. Црно-бела слика и нејзина битмапна матрица

Ако сликата има поголем број на сиви нијанси потребен е поголем број на битови, и поголем мемориски простор.

Сликите во боја завземаат многу поголем простор во меморијата на компјутерот бидејќи потребен е 1 бајт за секоја од боите.

Секоја боја на единечен пиксел е посебно дефинирана и одредена е со три броеви кои претставуваат нијанси на црвена, зелена и плава боја (RGB) со чие мешање се добива саканата боја.



Сл.71. RGB модел

RGB (Red Green Blue) сликите (сл.71) содржат 3 бајти по секој пиксел, а секој бајт содржи една посебно дефинирана боја. RGB значи дека секоја боја има своја вредност и со менување на вредноста се добиваат други бои кои се различни од наведените три основни бои.

Квалитетот на растерската слика зависи од вкупниот број на пиксели (резулација) како и бројот на вредности за секој единечен пиксел (интензитет на бојата). Доколку интензитетот на бојата е поголем, повеќе нијанси ќе може да се прикажат и во тој случај сликата е поквалитетна и дава веродостоен приказ на она што е насликано на неа.

Растерските слики зафаќаат голем мемориски простор и потребно е да се подложат на компресија.

Битмап (**BMP**) е стандарден формат на Windows оперативниот систем и претставува некомпресирана датотека. Сликите во тој формат се многу големи, зафаќаат голем мемориски простор и затоа почесто се користат други формати како што се:

- **JPEG, JPG** (Joint Photographics Expert Group) извршува компресија со минимални загуби во квалитет;
- **GIF** (Graphic Interchange Format) се користи за изработка на WEB страници;
- **TIFF** (Tagged Image File Format) се употребува за професионални цели.

Најчесто употребувани растерски програми се: **Adobe Photoshop, Corel Painter, Macromedia Freehand** и др.

### 2.5.2. Векторска графика

Векторската графика е начин на дефинирање на сложени цртежи или слики со примена на едноставни геометриски форми кои заедно сочинуваат отворени или затворени објекти кои може да бидат исполнети или транспарентни.

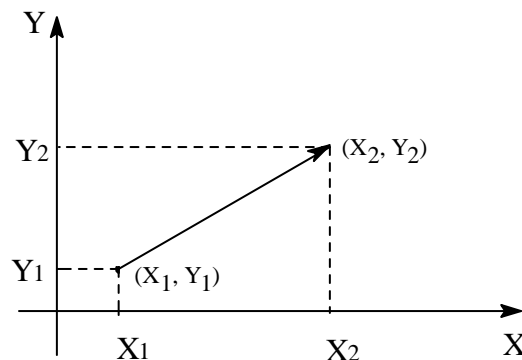
Едноставни геометриски форми се: точки, прави и криви линии, многуаголници и кружни линии. Кај векторската графика едноставните геометриски форми се добиваат со примена на сложени математички равенки кои го опишуваат начинот и редоследот на исцртување на објектите. Прикажувањето на сите прави и криви линии кај векторската графика се базира на употреба на вектори кои се дефинирани со правец, насока и интензитет (бројна вредност).



Векторските слики се поприватливи за човековото око за разлика од растерските слики бидејќи човековиот мозок сликите од реалниот свет ги претставува и ги памти како множество од прави и криви линии (вектори).

Наједноставен елемент на графичкиот приказ кој воедно е и носител на геометриските информации е точка (пиксел) чија положба е одредена со координати во соодветен координатен систем. Векторската алгебра и аналитичката геометрија се главни математички дисциплини кои се користат за определување на вредноста на пикселите.

Цртежите и сликите секогаш се архивираат во меморијата на компјутерите во вид на правоаголна дводимензионална матрица од пиксели. Положбата на пикселот се дефинира со бројот на колоната и редот во која пикселот се наоѓа. Односно, секој пиксел е еднозначно дефиниран со своите координати, а нивната вредност носи информација за бојата на пикселот. Паровите координати дефинирани се со пиксели (точки), додека векторите во таквиот координатен систем се дефинирани со положбата на својата почетна и крајна точка (пиксел).



Сл.72. Координати на почетна и крајна точка на вектор

При изработка на векторска слика се користат архивирани вредности на точно дефинирани пиксели како и математички модели на објектот за да може да се пресметаат и останатите вредности на другите пиксели кои се составен дел на тој објект. Така на пр. секоја права линија е дефинирана со својата почетна и крајна точка. Ако се познати паровите координати на тие две точки тогаш координатите на останатите точки (пиксели) кои се наоѓаат помеѓу тие две точки и ја сочинуваат таа права линија може да се пресметаат со примена на аналитички изрази за права линија во координатен систем.

Кај векторските програми објектите кои го сочинуваат цртежот, архивирани се во вид на неколку карактеристични вредности кои се доволни во

потполност да ги дефинираат тие објекти. Така, права линија е дефинирана со почетна и крајна точка, правоаголник со своите аголни точки, кружница може да биде дефинирана со радиусот (или дијаметарот) или со две или три точки кои и припаѓаат на кружницата итн.

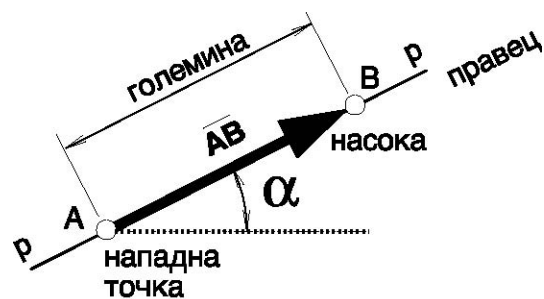
### Скалари и вектори

*Скалари* се големини кои се дефинирани само со своите бројни вредности. Скаларите можат да бидат позитивни или негативни, но има и скалари кои секогаш се позитивни. Како пример на скаларни големини се: масата, температурата, густината, површината на геометриските фигури, волуменот на геометриските тела. Површината и волуменот се секогаш дефинирани како позитивни скалари, а температурата како позитивен или негативен скалар. Бидејќи скаларите се алгебарски големини со нив може да се изведуваат сите алгебарски операции.

*Векторите* се такви големини кои се потполно дефинирани дури тогаш кога покрај бројната вредност се познати уште *правецот* и *насоката* на дејството. Векторски големини се на пример: сила, момент, брзина, забрзување итн. Со векторите, исто така, може да се дефинира и положбата на една точка во просторот во однос на друга.

Под вектор се подразбира дел од права со точно определена должина, определен правец и насока.

Векторите геометриски се претставуваат со ориентирана отсечка на една права линија.



Сл.73. Вектор

Должината  $AB$  прикажана во соодветен размер ја претставува бројната вредност или големината, односно интензитетот или уште т.н. модул на векторот.

Правецот  $p-p$  ја одредува положбата-ориентацијата на векторот во просторот или во рамнина и е еднозначно определен со аголот помеѓу линијата на дејството и референтната оска ( $x$ , или  $y$ -оска во рамнина, или  $x$ ,  $y$  и  $z$  оска).

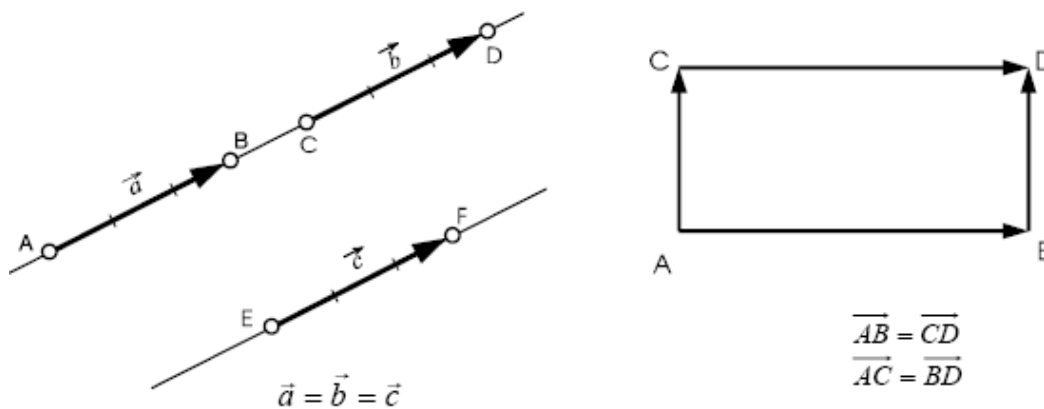
Насоката на векторот е дефинирана со стрелката.

Крајот на насочената отсечка на кој нема стрелка се вика почеток или нападната точка на векторот.

### Поделба на вектори

Во зависност од нападната точка на векторите може да бидат:

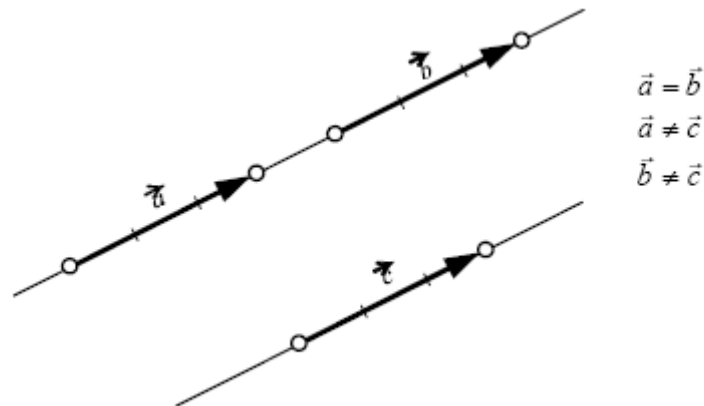
- **Слободни вектори** или прости вектори, тоа се вектори кои може да се поместуваат во рамнина или во простор, останувајќи паралелни на самите себе и задржувајќи го истиот интензитет и насока, а при тоа да не се поремети точноста на физичката големина што ја претставуваат. Таков вектор е векторот на транслација. Два слободни вектори се еквивалентни ако имаат ист интензитет, правец и насока независно од положбата на носачот на векторот и положбата на нападната точка.



Сл.74. Графичко претставување на слободни вектори

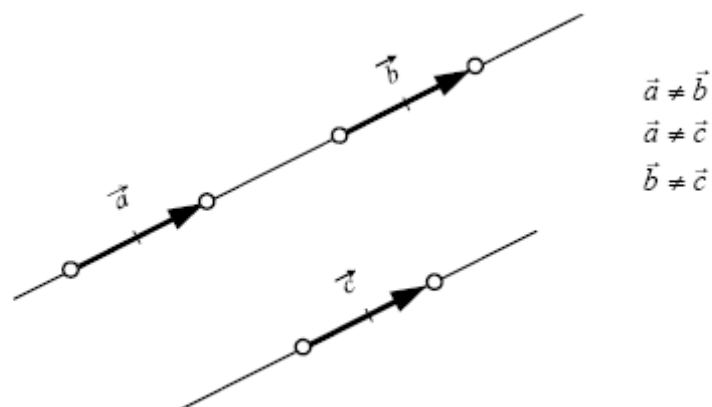
- **Вектор врзан за права** (лизгачки вектор или ротор) може да се поместува по линијата на дејствувањето задржувајќи го истиот правец и насока. Пример за таков вектор е силата која дејствува на

некое цврсто тело, вектор на ротационата брзина на телата околу оска и др. Два вектори врзани за права се еднакви ако лежат на ист носач и имаат еднакви интензитети и насока.



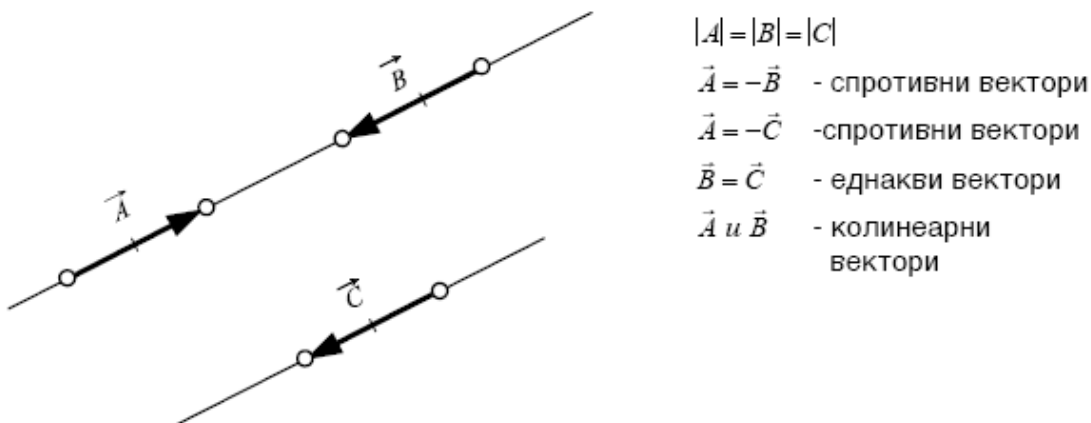
Сл.75. Вектор врзан за права

- Вектор врзан за точка:** Освен со интензитетот, правецот и насоката векторот врзан за точка еднозначно е определен и со својата нападна точка. Тој се менува било да се помести по својот правец или паралелно на него. Таков е случајот со векторот на брзината или забрзувањето на материјалната точка, со векторот на тежината на некој елементарен дел или со векторот на моментот на некоја сила во однос на дадена точка. Ваквите вектори се еднакви ако имаат ист интензитет и насока, ако лежат на ист носач и ако имаат исти почетни, односно нападни точки.



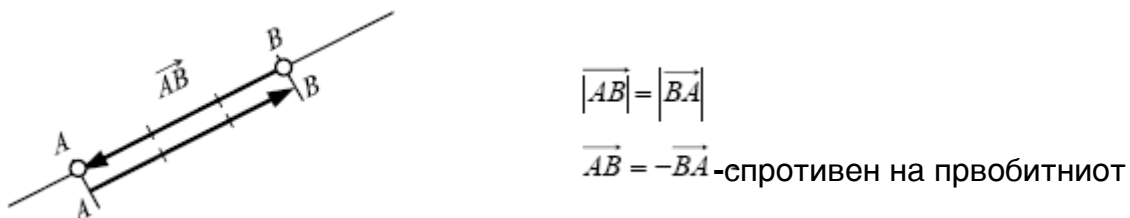
Сл.76. Вектор врзан за точка

Векторите кои имаат иста нападна линија, односно ист правец, се нарекуваат *колинеарни* вектори. Векторите пак, што лежат во иста рамнина се *компланарни* вектори, додека оние чии што правци се сечат во една заедничка точка се нарекуваат *конкурентни* вектори. Векторите се еднакви ако имаат иста големина, односно интензитет, правец и насока, а при тоа не е потребно да се колинеарни. Два паралелни или колинеарни вектори кои имаат ист интензитет, а спротивни насоки се нарекуваат *спротивни вектори*.



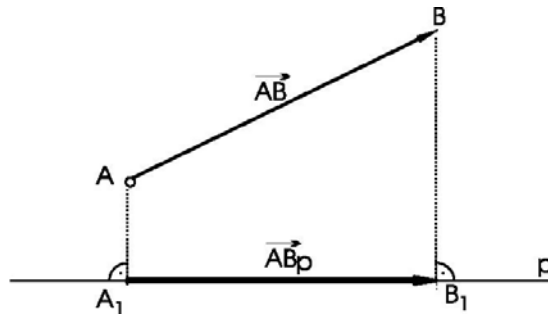
Сл.77. Колинеарни и спротивни вектори

Ако на еден вектор му се промени насоката, тогаш тој е спротивен на првобитниот вектор (сл.78).



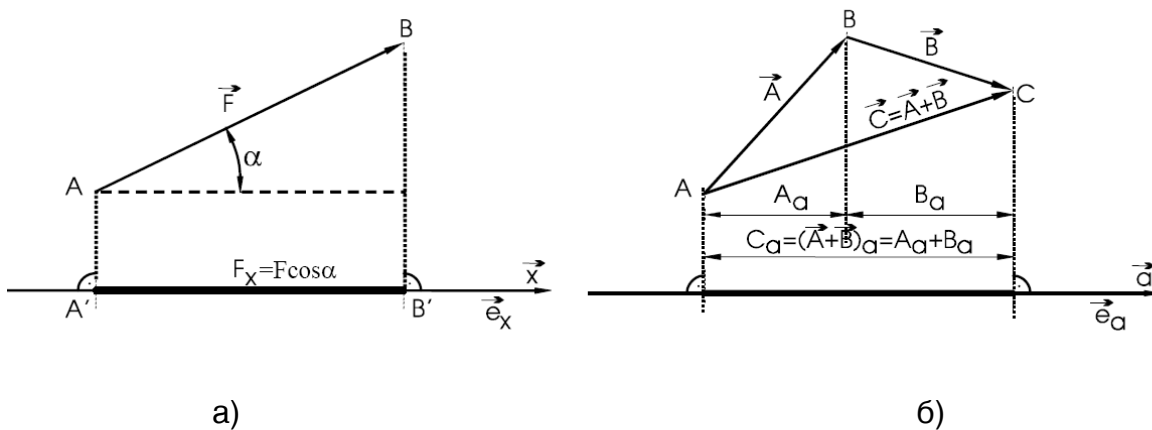
Сл.78. Спротивни вектори

Проекција и координати на вектори



Сл.79. Проекција на вектор на права

Проекцијата на вектор по зададената права е вектор кој се добива со ортогонална проекција на почетната и крајната точка на векторот на самата права.



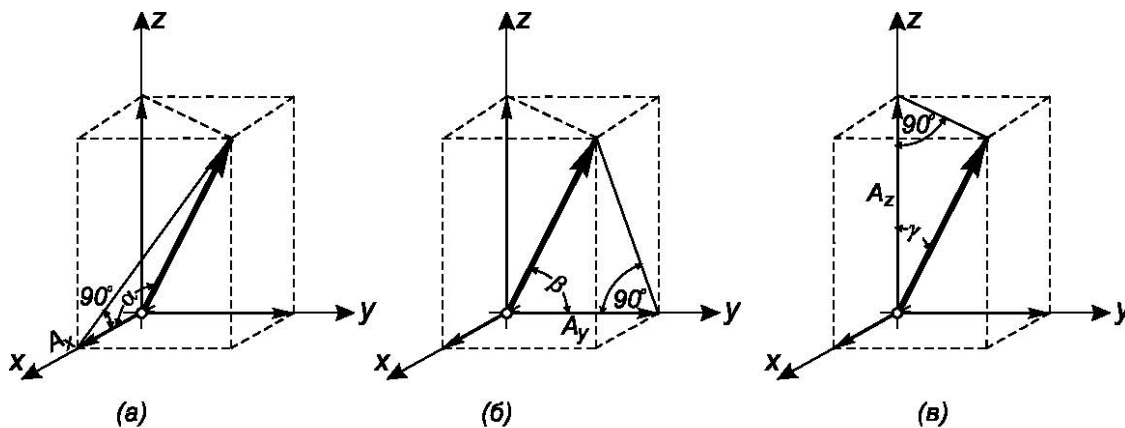
Сл.80. Проеција на: а) вектор на оска, б) збир на вектори на оска

$$\vec{C} = \vec{A} + \vec{B} \quad C_a = (\vec{A} + \vec{B})_a = A_a + B_a$$

Проекцијата на некој вектор на зададената оска е скалар, еднаков на производот на интензитетот на векторот и косинусот на аголот што истиот го зафаќа со оската.

$$F_x = |F| \cos \alpha = F \cdot \cos \alpha$$

## Координати на вектори



Сл.81. Определување на косинуси на правец на вектор

$$A = |\vec{A}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2} \quad \cos \alpha = \frac{A_x}{A} \quad \cos \beta = \frac{A_y}{A} \quad \cos \gamma = \frac{A_z}{A}$$

### 2.5.3. Видови криви линии кои се применуваат во компјутерската графика

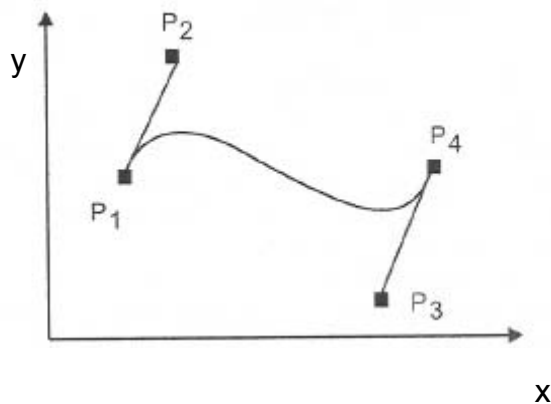
Со примена на векторската графика може прецизно да се исцртуваат многу сложени објекти како и објекти кои содржат голем број криви линии со најразлична форма. Кривите линии во векторската графика составени се од множество вектори дефинирани со координатите на нивните почетни и крајни точки. Саканата форма на објектот може да се постигне со избор на различни видови линии кои може да бидат прави или криви линии.

Најчесто користени криви линии во векторската графика се сплајнови: Безиерови (Bezier) криви, Б-сплајнови (B-splines), NURBS (Non-uniform rational B-spline) и др.

## Безиерови криви

Безиерови криви претставуваат континуирани криви линии на кои може да им се доделат најразлични форми. Се употребуваат за прецизно цртање на објекти кои содржат голем број различни закривувања и наоѓаат широка примена во векторската графика.

Секоја безиерова крива потполно е дефинирана со четири точки, кои се нарекуваат контролни точки: две крајни точки ( $P_1$ ,  $P_4$ ) и две точки кои обично не припаѓаат на таа крива ( $P_2$ ,  $P_3$ ) кои го дефинираат обликот на кривата преку тангентите на закривувањата кои се одредени со векторите  $P_1P_2$  и  $P_3P_4$ .



Сл.82. Безиерова крива дефинирана со 4 контролни точки

Безиеровата крива претставува интерполација на правата линија дефинирана со почетната и крајната контролна точка ( $P_1$  и  $P_4$ ) и ги апроксимира другите две ( $P_2$  и  $P_3$ ) контролни точки.

Растојанието од крајната до бараната точка на закривување која го дефинира правецот се определува кога кривата ќе започне значително да се закривува. Доколку тоа растојание е поголемо, кривата почнува подоцна да се закривува.

Беизеровите криви припаѓаат на тн. кубични криви или криви од трет ред и може да се опишат со параметарски равенки од трет степен.

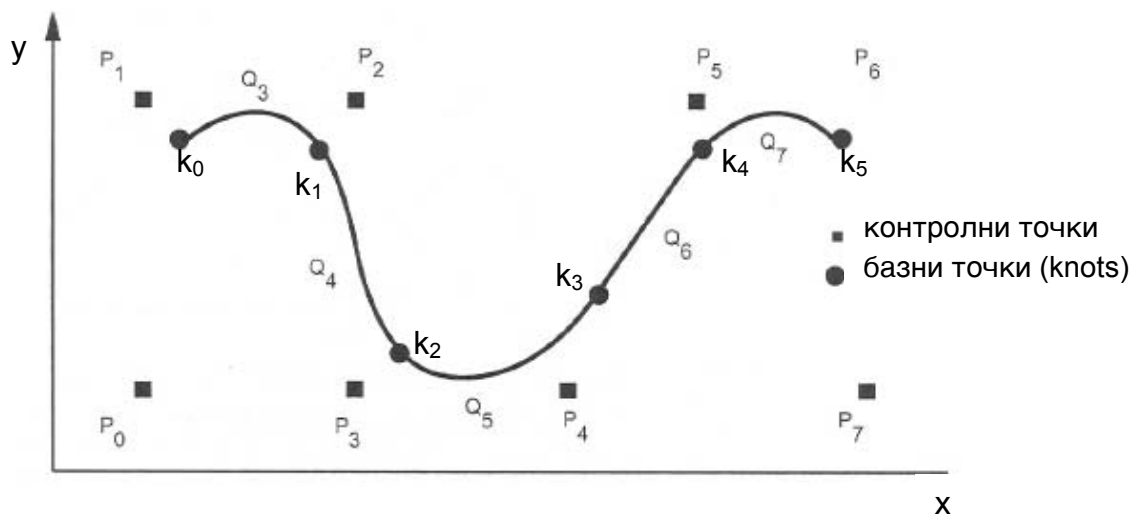
Истите може лесно и континуирано да се продолжуваат во саканите форми и со нивното продолжување можно е да се цртаат објекти со најразлични закривувања.



## Б-сплаин

Сплаин (Spline) кривите се добиваат со континуирано поврзување на बेзиерови криви и се формулираат математички со апроксимација на кубични полиномни функции. Сплаин кривите наоѓаат широка примена во компјутерската графика, особено Б-сплаин (B-spline) кривите кои најчесто се користат во техничкото цртање за исцртување на континуирани криви линии со сложени форми.

Б-сплаин кривите може да бидат составени од голем број сегменти при што секој сегмент претставува единечна безиерова крива. Секој сегмент кај Б-сплаин кривите дефиниран е со 4 контролни точки кои припаѓаат на нормалите на тангентните вектори на закривувањата. Б-сплаин кривите припаѓаат на групата континуирани криви бидејќи секој поединечен сегмент има заеднички контролни точки со соседните сегменти.



Сл.83. Униформна нерационална Б-сплаин крива

Б-сплаин кривата прикажана на сликата се состои од 5 сегменти:  $Q_3, Q_4, Q_5, Q_6$  и  $Q_7$ . ( $i=5$ , каде  $i$  претставува вкупен број на сегменти). Секој сегмент дефиниран е со 4 контролни точки:  $P_{i-3}, P_{i-2}, P_{i-1}$  и  $P_i$ :

$Q_3 - P_0, P_1, P_2, P_3$

$Q_4 - P_1, P_2, P_3, P_4$

$Q_5 - P_2, P_3, P_4, P_5$

$Q_6 - P_3, P_4, P_5, P_6$

$Q_7 - P_4, P_5, P_6, P_7$

Поединечните сегменти имаат заеднички контролни точки што значи дека поместувањето на положбата на една од тие контролни точки ќе резултира со промена на формата на кривата која е опфатена со сегментите кои ја имаат таа заедничка контролна точка.

Б-сплаин кривата нема да ја промени својата форма во деловите во кои сегментите не се дефинирани со контролната точка чија положба ја менуваме. Пр: контролната точка  $P_4$  е заедничка контролна точка за сегментите  $Q_4, Q_5, Q_6$  и  $Q_7$ . Промената на местоположбата на точката  $P_4$  ќе влијае на сегментите  $Q_4, Q_5, Q_6$  и  $Q_7$ , меѓутоа не и на целата крива, бидејќи точката  $P_4$  е заедничка контролна точка за тие сегменти.

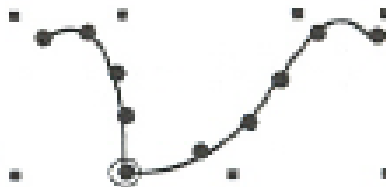
Точките кои ги поврзуваат соседните сегменти на кривата се нарекуваат базни точки (knots), каде што  $k$  претставува број на базни точки.

Базната точка која ги поврзува сегментот  $i$  и сегментот  $i+1$  се бележи со  $k_i$ . (базната точка која ги поврзува првиот и вториот сегмент се бележи со  $k_1$ , бидејќи  $i=1$ ).

Почетната точка на првиот сегмент ( $k_0$ ) и крајната точка на последниот сегмент ( $k_5$ ) од кривата, исто така се базни точки, така што  $k = i+1$ .

Кога базните точки се поставени униформно, како што е прикажано на сликата, станува збор за униформна нерационална Б-сплаин крива кај која сегментите не ги интерполираат контролните точки.

Базните точки кај Б-сплаин кривите може да бидат поставени од страна на корисникот произволно и неуниформно и во тој случај кривата може да интерполира одредени контролни точки и претставува неуниформна нерационална Б-сплаин крива.



Сл.84. Неуниформна нерационална Б-сплаин крива

## NURBS криви

Со рационализација на нерационалните криви преку дефинирање на истите во хомогени координати се добиваат рационални криви. Предност на рационалните криви е тоа што при едитирање и модифицирање (ротација, транслација и скалирање), трансформациите се применуваат само на контролните точки. Неуниформната рационална Б-сплаин крива се нарекува NURBS и наоѓа широка примена во компјутерската графика.

### 2.5.4. Закривени површини кои се применуваат во компјутерската графика

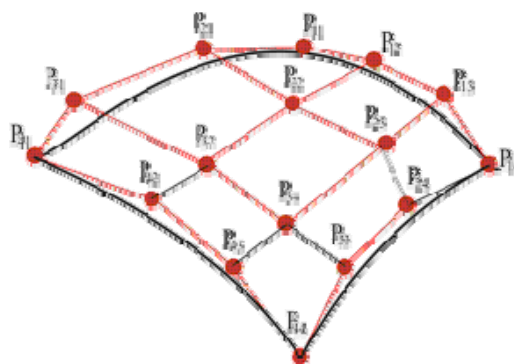
Со поврзување на почетната и крајната точка на објектите исцртани со криви линии се добиваат криви или бикубични површини.

Поврзувањето на криви линии се нарекува спрегнување. Со ваквото поврзување може да се добијат отворени или затворени форми (површини) при што точките на поврзувањето се нарекуваат базни точки.

Секоја права или крива линија е карактеризирана со боја, дебелина и вид на линија (полна, испрекината и др). Поврзувањето на линиите може да биде со едноставно поврзување (под најразлични агли), континуирано поврзување со заоблување на аглите (Fillet) или со закосување на аглите (Chamfer).

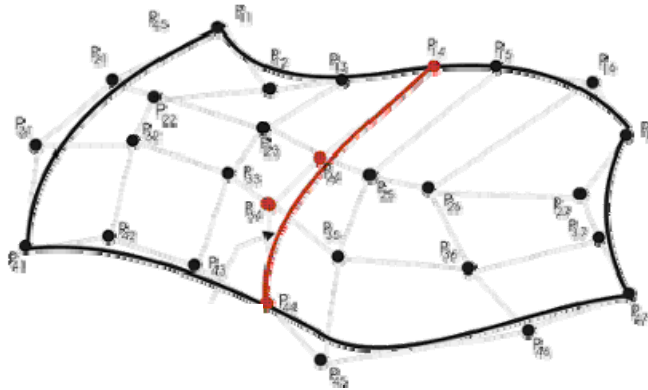
Кривите површини може да се добијат со поврзување на Безиерови криви, Б-сплан или со поврзување на NURBS криви.

Бикубичните површини дефинирани се со 16 контролни точки (сл.85).



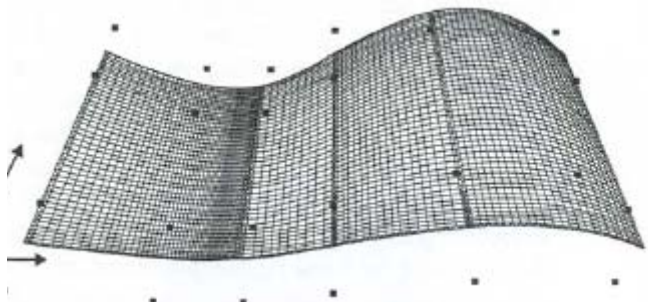
Сл.85. Безиерова површина со 16 контролни точки

Сложените криви површини се добиваат со поврзување на повеќе единечни бикубични површини (сл.86).



Сл.86. Сложена закривена површина составена од две Безиерови површини

Со поврзување на NURBS кривите се добиваат NURBS површини (сл.87).

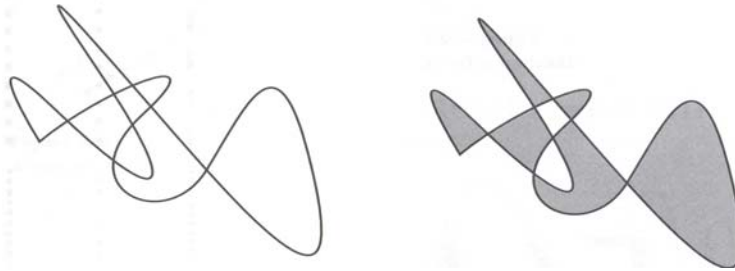


Сл.87. NURBS површина

Површината на објектите или на нивните составни делови може да биде пополнета или транспарентна. Пополнувањето може да биде хомогено со нијанса на една боја или градиентно кога интензитетот и нијансите на бојата се менуваат линеарно, радијално или пак по однос на некоја референтна точка. Пополнувањето може да се изведе и со најразлични шари односно текстури кои се составен дел на апликативните програми.

Пополнувањето на површините на објектите (осветлување и сенчење, рендирање, транспаренција, рефлексција, текстури и др.) може да даде тродимензионален приказ на истите.

Кај објектите кои имаат површини со сложени форми (сл.88), понекогаш не е лесно да се определат видливите и невидливите површини или пак внатрешните и надворешните површини на објектот.



Сл.88. Површина на објект со сложена форма

Одредувањето и отстранувањето на невидливите делови на објектите и нивните невидливи површини се постигнува со примена на соодветни алгоритми кои се составен дел на векторските компјутерски програми.

Векторските графички програми овозможуваат: пресликување, преместување, ротирање, издолжување и скратување на објекти, нивно зголемување или намалување и др, како и поврзување на повеќе едноставни објекти во комплексна целина. Поголемите промени вклучуваат Булови операции (унија, пресек и др.)

*Предности на векторската графика се:*

Објектите кои се составен дел на векторската графика може на едноставен начин да се едитаат и модифицираат (преместуваат, ротираат, зголемуваат и др.), а при тоа да не дојде до намалување на квалитетот на нивниот приказ. Квалитетот на сликата не се менува, бидејќи векторската графика претставува множество од математички равенства при што со повторно пресметување на истите со нови параметри се добива ефект на зголемување или намалување на објектите или во општ случај на целата векторска слика.

Векторските графички прикази се прецизни и може да бидат многу сложени.

Векторските слики содржат помал број на податоци и информации и како такви зафаќаат помал мемориски простор.

Сите податоци и информации за векторските слики се меморираат во архивата на компјутерот и по потреба може да се едитираат, модифицираат и да се менува нивната резолуција при што не се намалува квалитетот на сликата како што е случај кај растерската графика.



Сл.89. Векторска и растерска графика

Графички формати кои најчесто се среќаваат кај векторската графика се:

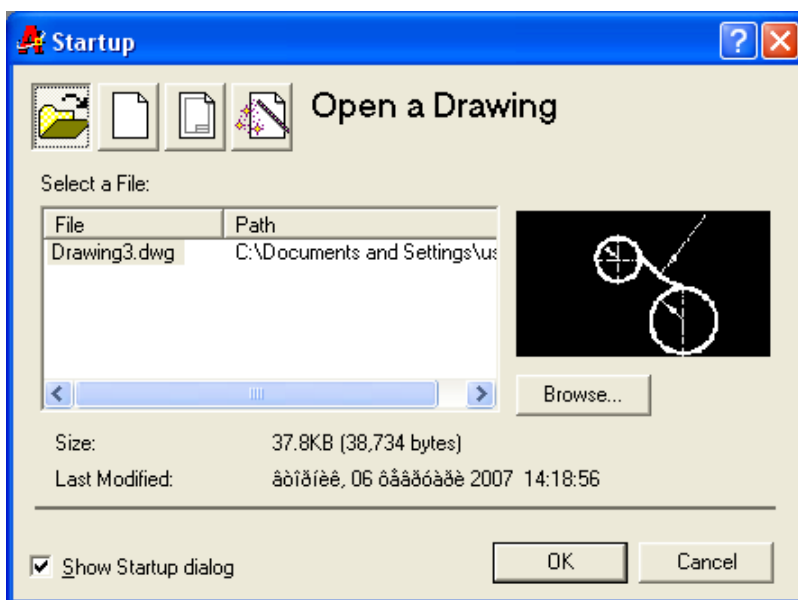
- **DXF** (Data Exchange Format) е формат дефиниран во програмскиот систем AutoCAD кој е општо прифатен како стандард за размена на податоци;
- **DWG** (Drawing File) е AutoCAD формат кој ги има истите ентитети (елементи) како и DXF;
- **DGN** (Design File) претставува формат кој е приспособен за работа на Micro Station платформите;
- **IGES** (International Graphics Exchange Format) содржи податоци во ASCII (American Standard Code for Information Interchange) код така што содржината меморирана во IGES форматот може да се прочита и прикаже со било кој текст едитор.

Најчесто користени векторски програми се: **AutoCAD**, **Corel Draw**, **Adobe Illustrator**, **Macromedia Freehand** и др.

## 2.6. ИЗРАБОТКА НА ЦРТЕЖИ СО ПРИМЕНА НА Auto CAD

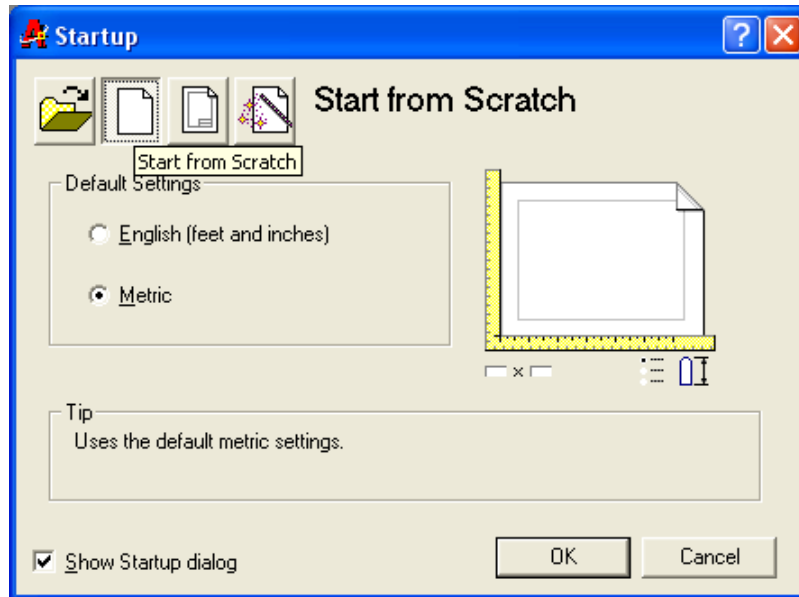
AutoCAD претставува компјутерски програм за изработка на цртежи. Едноставни цртежи може да се изработуваат и во некои други програми како што се: Corel Draw, Paint, Word и др, меѓутоа Auto CAD е специјализиран софтвер за проектирање бидејќи овозможува брза и прецизна изработка на цртежи. Во Auto CAD може да се изработуваат и многу комплицирани цртежи со голем број на детали, и истите да се димензионираат што не е можно во ниту еден друг компјутерски програм. Затоа овој програм го користат главно архитекти, машински инженери и градежни инженери, меѓутоа и сите оние кои имаат потреба да нацртаат нешто, а знаат да го користат овој програм.

Со стартување на програмот AutoCAD се појавува Startup прозорец. Во горниот дел од Startup прозорецот се наоѓаат четири икони кои одредуваат дали да се отвори постоечки цртеж или да се започне со изработка на нов цртеж. Секоја од овие икони што претставува може да се види кога курсорот ќе се постави на дадената икона и без да се притиска ќе се причека неколку секунди, при што се појавува (tooltip) објаснување за избраната икона. Ова важи и за останатите Microsoft Office програми.



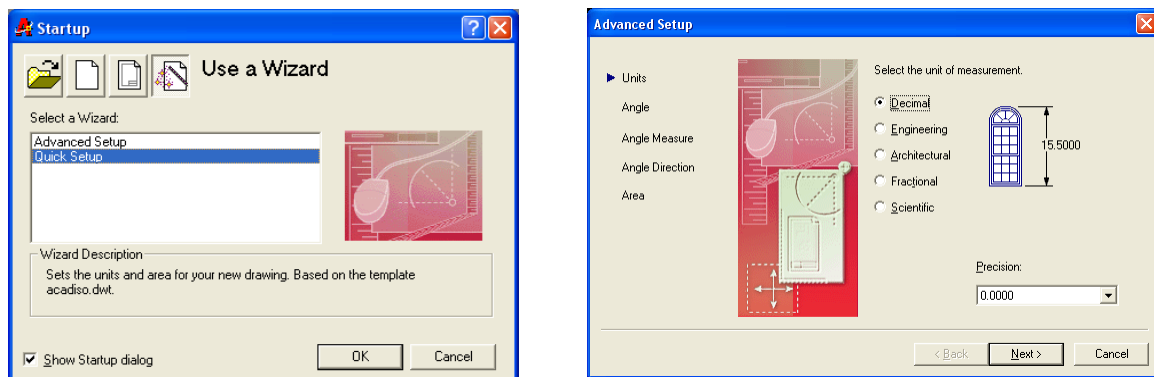
Сл.90. Startup прозорец

Првата икона Open а Drawing служи за отварање на постоечки документ, а останатите три икони: Start from Scratch, Use a template и Use a Wizard служат за започнување со изработка на нов цртеж. Преку иконата Start from Scratch избираме дали ќе работиме во метрички децимални единици или во британски единици.



Сл.91. Start from Scratch

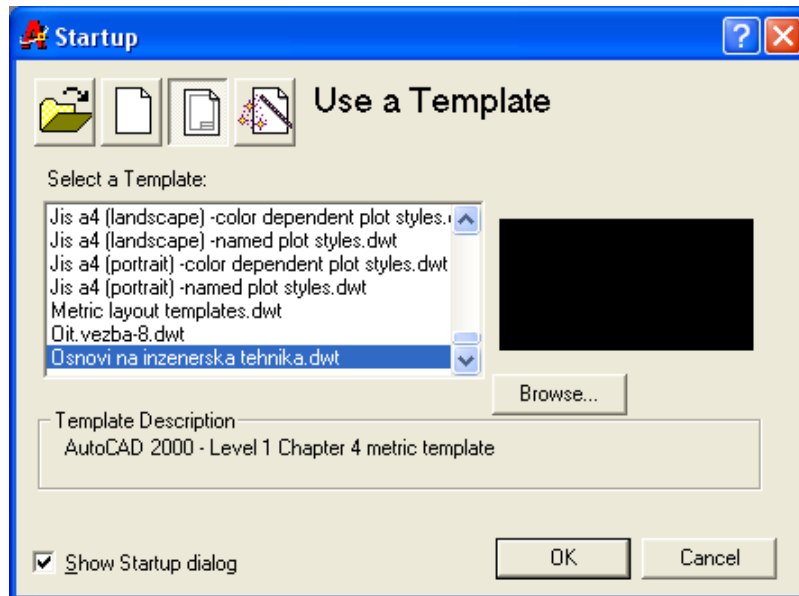
Користењето на Wizard (сл.92.) служи за дефинирање на почетните параметри на цртежот, односно преку опциите Quick и Advanced Setup се дефинираат мерните единици на цртежот и се подесуваат неговите граници.



Сл.92. Use a wizard



Иконата Use a Template (сл.93) служи за започнување нов цртеж преку избор на еден од однапред дефинираните шаблон цртежи. Од приложената листа на template-и го избираме темплеитот Osnovi na inzenerska tehnika.dwt.

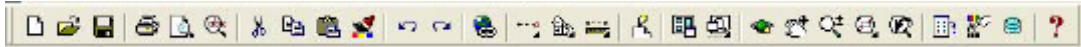


Сл.93. Use a template

Кај овој темплеит една AutoCAD-ова единица претставува 1mm, односно изработениот цртеж ќе има реални димензии со оние што сме ги зададе при цртањето.

На горниот дел на екранот се наоѓа *title bar* или насловна линија, која ги содржи името на програмот и името на моментално отворениот документ. Под *title bar*-от е *мени барот*, кој ги содржи менијата: File, Edit, View, Insert, Format, Tools, Draw, Dimension, Modify, Window и др. Кога ќе се кликне на некое мени се отвара опаѓачка листа или drop-down menu која содржи различни команди.

Сите овие команди може да се активираат и преку иконите во соодветниот toolbar. Под мени барот се наоѓа *Standard toolbar* (сл.94) кој содржи команди кои се претставени преку икони. Повеќето од иконите во овој toolbar се карактеристични и за сите Microsoft Office програми, а такви се стандардните команди за снимање и печатење на документ, Undo и Redo командите и др.



Сл.94. Standard toolbar

Следниот toolbar е *Object properties* (сл.95), кој содржи команди карактеристични за програмот AutoCAD, а тоа се командите за работа со layer-и (леери, односно слоеви).



Сл.95. Object properties

При изработката на цртежи секогаш цртаме во некој леер. Леерите овозможуваат организирање и групирање на различни видови информации за цртежот. Секој леер се карактеризира со соодветна боја, дебелина и вид на линија со која се цртаат објектите во него. Бројот на леери во еден цртеж како и бројот на објекти во еден леер е неограничен. Цртањето секогаш се врши во тековниот леер, а истиот се избира од листата наречена Layer Control од Object Properties toolbar-от. Објектите секогаш ги цртаме во layer-от OBJ со полна дебела линија. Layer-от CLN го избираме пред да започнеме со цртање на симетрали, а за назначување на осни линии на кружница, елипса или лак го избираме layer-от CMK. За димензионарање, односно нанесување на котни линии го користиме layer-от DIM.

Вертикалните палети со алатки поставени од левата страна на екранот содржат команди за цртање на објекти, нивно модифицирање и димензионарање.

Првата палета со алатки Draw, содржи команди за цртање на 2D објекти, и тоа: Line (линија), Construction Line (права), Polyline (полилинија), Polygon (многуаголник), Circle (кружница), Ellipse (елипса), Point (точка) и др.

Линија во AutoCAD е дефинирана како искршена линија составена од повеќе сегменти, при што секој нејзин сегмент е независен објект. Конструкциска линија се дефинира како бесконечна линија која минува низ две точки. Полилинија се дефинира како искршена линија составена од

повеќе сегменти при што сите сегменти сочинуваат еден единствен објект. Ако зададеме команда за модификација на даден објект нацртан со полилинија, модификацијата ќе се изврши едновремено на целиот објект, односно на сите сегменти од кои е составен. Ако објектот е нацртан со командата line, тогаш командата за модификација ќе треба да се задава на секој сегмент поединечно.

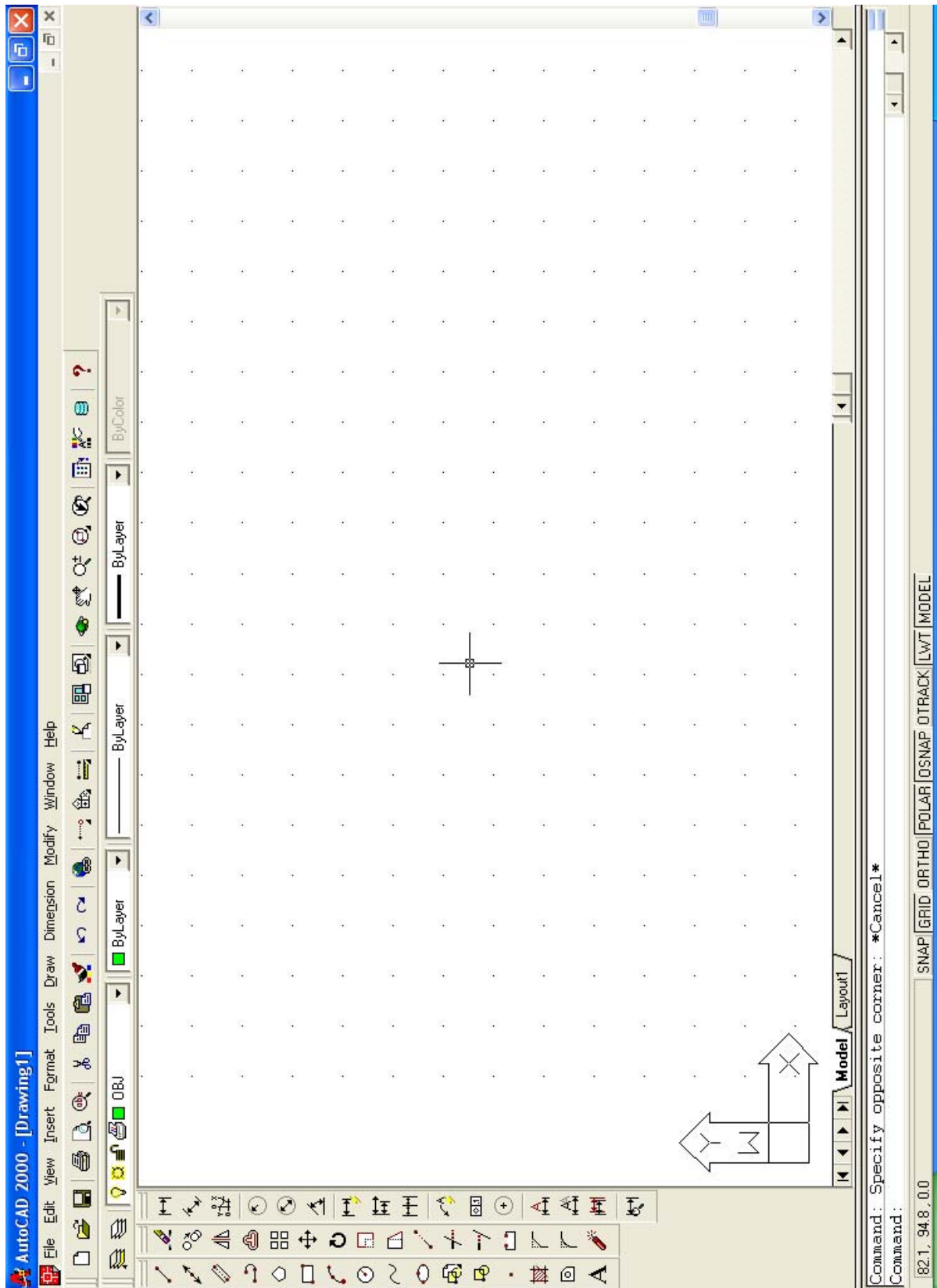
При цртање на многуаголник најпрво се задава бројот на страни, а потоа истиот може да биде нацртан преку дефинирање на страната или центарот на кружницата во која е впишан или опишан многуаголникот.

Кружница се црта така што најпрво се одредува нејзиниот центар, а истата може да биде дефинирана преку должината на радиусот или дијаметарот, или со две или три точки кои лежат на кружницата.

Елипса се дефинира преку должините на нејзините полупречници.

Другата палета со алатки Modify содржи алатки за модификација на 2D објекти, а тоа се командите за: бришење (Erase), копирање (Copy Object), пресликување (Mirror), преместување (Move), ротирање (Rotate), издолжување, скратување на објекти, закосување на агли (Chamfer), заоблување на агли (Fillet) и др.

Палетата со алатки Dimension ги содржи командите за сите видови димензионирање на различни објекти.

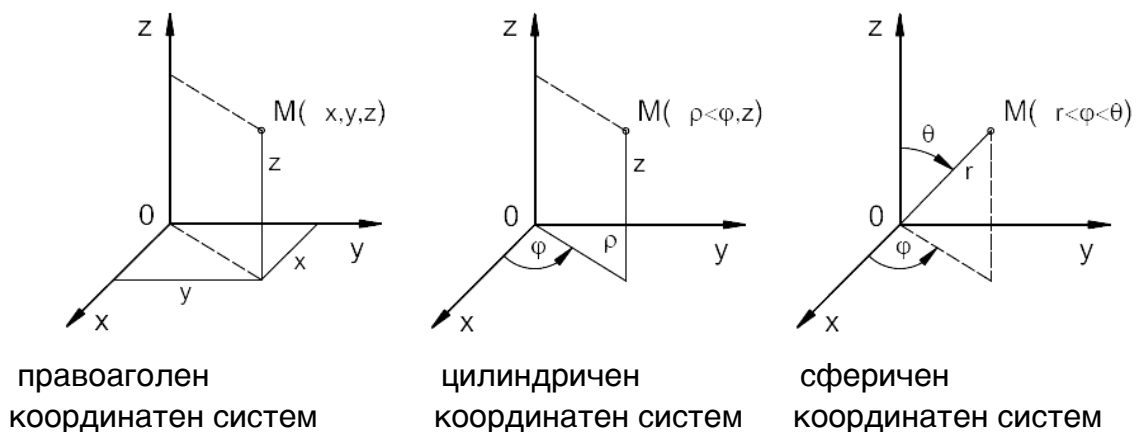


Во долниот дел на екранот се наоѓаат командната (Command Line) и статусната линија (Status Line).

Кога ќе зададеме некоја команда, во командната линија пишува кој е наредниот чекор што треба да го направиме, или да избереме една од понудените опции.

Статусната линија ги содржи копчињата: SNAP, GRID, ORTHO, POLAR, OSNAP, OTRACK, LWT и MODEL.

Кога е вклучена опцијата GRID на цртачката површина видлива е референтна мрежа од точки. Тоа се правилно распоредени точки кои служат како визуелна референца и помагаат за прецизно поставување на објектите. Доколку е вклучена опцијата SNAP курсорот може да се движи по точките на мрежата или помеѓу нив, во зависност како е однапред дефинирано во Snap координатниот систем. Растојанието помеѓу точките во мрежата, односно нивната положба одредена е со координати. За дефинирање на положбата на точките во просторот се користат следниве координатни системи: декартов правоаголен координатен систем, цилиндричен координатен систем и сферичен координатен систем.



Сл.97. Координатни системи

Положбата на точката се одредува со поставување на курсорот на саканата положба на работната површина по што се притиска левото копче на маусот или со употреба на тастатура при што се внесуваат бројните вредности на координатите.

Кога е вклучена опцијата ORTHO можеме да цртаме исклучиво хоризонтални и вертикални линии, односно линии под агол од  $90^\circ$ .

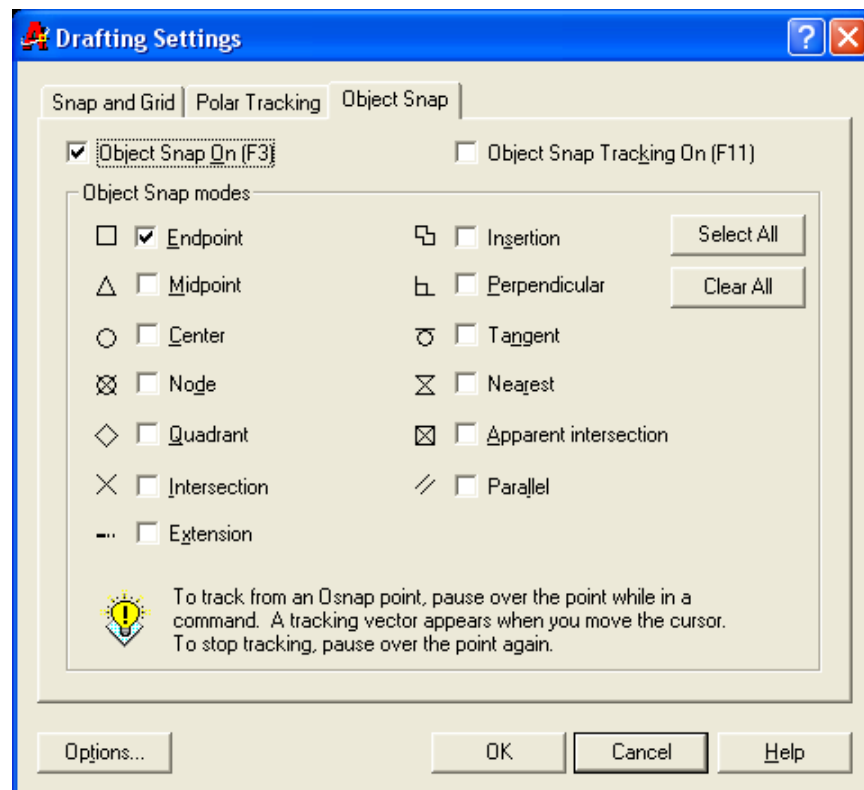
POLAR (Polar Tracking) – кога е вклучена оваа опција, курсорот наместо по точките од мрежата ќе се движи во правец дефиниран во поларниот координатен систем.

OTRACK (Object Snap Tracking) претставува точката линија која овозможува да се одреди насоката по која сакаме да го поставиме објектот. Оваа опција најчесто се користи во комбинација со опцијата Polar Snap.

LWT (Show/Hide Lineweight) дава реална дебелина на линија на екран, каква што би се добила при печатење на документот.

Копчето MODEL треба да биде активно во текот на изработката на цртежите, а се исклучува само кога треба да печатиме.

OSNAP (Object Snap) - ги содржи објектните снepsi. Во текот на било која цртачка команда со помош на објектниот сноп можеме да погодиме некоја карактеристична точка на постоечкиот објект, или објектот што го цртаме да го дефинираме во зависност од постоечкиот. Објектните снepsi се избираат од менито Tools, опција Drafting Settings - Object Snap, а тие се: Endpoint (крајна точка на линија, полилинија, лак), Midpoint (средна точка), Center (центар на круг, елипса, лак), Node (точка), Quadrant (квадратна точка), Perpendicular (нормала), Tangent (тангента) и др.



Сл.98. Drafting Settings

### 3. МАШИНСКО ИНЖЕНЕРСТВО

Машинското инженерство е гранка од инженерската техника чија основна задача е проектирање и изработка на машини со цел да се овозможи порационално искористување на материјата и енергијата за потребите на човештвото.

Со посредство на машини овозможена е претворбата на различни видови енергија во механичка енергија. Така, потенцијалната енергија на водата, топлинската енергија на пареата, електричната, нуклеарната и другите видови енергија најпрво се трансформираат во механичка енергија која потоа се претвора во механичка работа.

Машините кои овозможуваат претворба на различните видови енергија во механичка енергија се нарекуваат погонски машини, додека машините чија задача е да извршат корисна механичка работа со помош на механичката енергија добиена од погонската машина се нарекуваат работни машини.

Машините кај кои со движење се остварува механичка работа се нарекуваат динамички машини, додека постојат и статички машини како што се разни апарати, уреди, инсталации и инструменти. Статичките машини може да овозможат трансформација на хемиската во потенцијална енергија, трансформација на електричниот напон, транспорт на флуиди итн.

Секоја машина пред да се изработи потребно е најнапред да се осмисли, проектира, конструира и пресмета, потоа да се пропише начинот на изработка, контрола и монтажа на нејзините составни елементи. Секоја машина пред да се пушти во работа потребно е да се провери нејзината исправност и потоа да се води грижа за нејзината исправна работа за што се задолжени бројни инженери и техничари.

Составните елементи на машините се нарекуваат машински елементи и тие може да бидат делови, склопови и машински групи кои ги обезбедуваат елементарните функции на различни машини.

*Машинска група* е целина на повеќе делови и склопови кои прават една функционална целина (пр. менувач и диференцијал кај моторните возила).

*Машински склоп* е раздвоена или нераздвоена целина од повеќе машински делови кои прават една функционална целина. (пр. лежишта, спојници)

*Машински делови* се основните делови на машини и не можат да се раздвојуваат на повеќе делови без нивно оштетување (пр. клинови, завртки, навртки, заковки, пружини и др.).

Поделба на машински елементи:

- општа група (се наоѓаат во составот на различни машини);
- посебна група (се наоѓаат во составот на поедини машини).

### 3.1. МАШИНСКИ МАТЕРИЈАЛИ

Постојат голем број разновидни конструктивни материјали кои наоѓаат широка примена во машинството и се нарекуваат машински материјали. Основни конструктивни материјали се: метални, керамички и полимерни материјали.

Материјали што најчесто се употребуваат за изработка на машински делови се металите и нивните легури, и тоа: железото и неговите легури како што се разни видови челици, обоените метали како што се бакарот, оловото и нивните легури, лесните метали, алуминиумот и неговите легури.

Бакарот е мек метал со златножолта боја, лесно може да се обликува и обработува и е добар спроводник на електрична струја. Најчесто се произведува во вид на жици, лимови и цевки. Се користи за изработка на електрични спроводници, цевки за котли, делови на машини и др. Најголема примена наоѓа за производство на легури. Најпознати легури на бакарот се месингот и бронзата.

Месинг е легура на бакар (Cu) и цинк (Zn) со примеси на други метали. Месингот е отпорен на хемиски влијанија и се користи за изработка на цевки и лимови за различна намена.

Бронза е легура која во својот состав содржи најмалку 60% бакар и било кој друг метал со исклучок на цинк. Во зависност од видот на металот кој го содржи во својот состав, бронзата може да биде калајна, оловна, фосфорна бронза итн. Бронзата наоѓа широка примена во машинството за изработка на запченици, лежишта и др.

Алуминиумот е лесен метал од кој се изработуваат жици, лимови и фолии. Добар спроводник е на електричната струја како и бакарот.

За изработка на машински делови поретко се употребуваат и неметални материјали: пластични маси, гума, керамички и металокерамички материјали, кожа, текстил, дрво и др.

За изработка на машини кои се наменети за употреба во машиноградбата и електроиндустријата, за потребите на рударството, металургијата, хемиската индустрија и технолошките процеси најчесто се користат железото и неговите легури.

Во зависност од содржината на манган, силициум и растворен јаглерод во суровото железо, се разликува: сиво, бело или мешано сурово железо.

Основен материјал кој наоѓа најширока примена како конструктивен материјал во машинството е челикот.



Челикот е легура на железото со помалку од 2,14% јаглерод во која се содржат повеќе елементи добиени при процесот на производството (фосфор, сулфур и др.), и елементи за подобрување т.н. легирачки елементи (силициум, манган, хром, никел, кобалт и др.). Челикот може да се добие на повеќе начини, со преработка на белото сурово железо и со преработка на старо железо. Постојат повеќе видови челици во зависност од нивниот хемиски состав, нивната намена и начинот на кој се произведуваат. Ако во составот на челикот доминира јаглеродот, а другите елементи се со помала застапеност, станува збор за јаглероден челик. Челиците со помала содржина на јаглерод имаат помала цврстина и тврдост.

Според намената челиците се делат на конструктивни и алатни челици. За изработка на машинските делови и конструкции првенствено се користат конструктивните, а за изработка на алати почесто се користат алатните челици. Во групата конструктивни челици припаѓаат општите конструктивни челици и челиците за посебни намени. Конструктивните челици се користат за изработка на лимови, жици, вериги, оски и вратила, запченици, ременици, пружини, носечки конструкции итн. Легираните челици се користат за изработка на запченици, оски, коленести вратила и др. Алатните челици најширока примена наоѓаат за изработка на алатки како што се: турпии, стругарски ножеви, тестери и др.

Леано железо претставува легура на железото со најмалку 1,7% јаглерод (C) во својот состав. Се добива со дополнително топење на сиво сурово железо, старо железо и стари одливки, со додаток на кокс како гориво и варовник. Леаното железо е кршливо и неговата структура е нехомогена. Овие особености ја ограничуваат неговата примена за изработка на машински делови што се изложени на сложени напрегнувања. Механичките особености на леаното железо се подобруваат со додавање на легирачки елементи како Ni, Cr, Mo, Al и Si.

Во зависност од технолошката постапка при добивањето, ладењето, дополнителната термичка обработка, како и од хемискиот состав, според добиената структура се разликуваат неколку видови лив: сив лив (SL), темпер лив (бел – BteL, црн – CteL и перлитен - PTeL), нодуларен лив (NL) и др. Сивиот лив (SL) е машински материјал со ниска цена на чинење, но изработката на калапите и нивните модели го чинат машинскиот дел скап. Поради тоа истиот се применува само ако се работи за голем број машински делови. Добро поднесува само напрегнување од притисок, но не одговара за другите видови напрегнувања (затегнување, свиткување, усукување). Има мошне добри особености на лизгање и затоа е добар за изработка на делови со лизгачки површини како: основи за алатни машини, куќишта за големи лежишта со лизгање и куќишта за редуктори, блокови за мотори итн.

Сивиот лив не се заварува, освен со специјални постапки.

Белиот темпер лив се употребува за помали машински делови и е потврд од црниот темпер лив, кој одговара за поголеми машински делови.

Сите делови кои се предвидени да се изработуваат од темпер лив најпрво се леат во калапи од сив лив, а потоа во специјални печки се подложуваат на термичка обработка, при што им се менува структурата и особеностите на материјалот. Поради дополнителната термичка обработка, темпер ливот има повисока цена на чинење од сивиот лив.

Нодуларниот лив има мошне цврста метална основа и најпогоден облик на издвоениот графит во вид на топчиња, поради што често се нарекува и сферичен лив. Отпорен е на смолкнување и на ударни оптоварувања, а има и погодни особености на лизгање. Може и да се кова и во многу случаи да го замени дури и челичниот лив.

## **3.2. МЕХАНИЧКО ОДНЕСУВАЊЕ, ИСПИТУВАЊЕ И ПРОИЗВОДСТВЕНИ ОСОБИНИ НА МАТЕРИЈАЛИТЕ**

Металите можат да се обработуваат во најразлични форми преку пластична деформација под дејство на надворешни сили. Голем број машински делови и склопови се обликуваат во различни форми при производниот процес, особено под дејство на надворешни сили, најчесто со помош на разни алати и машини. Процесите за обликување може да се изведуваат на собна температура или при повисоки температури и при ниски или високи стапки на деформација.

### **3.2.1. Оптоварувања, напони и степен на сигурност на машинските делови**

#### **3.2.1.1. Оптоварувања**

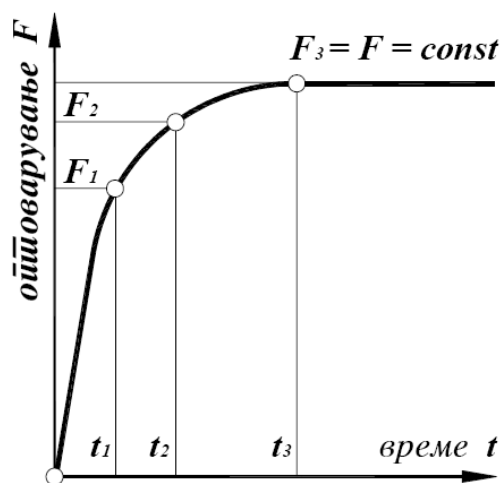
Секоја машина е составена од машински делови на кои во редовна експлоатација дејствуваат сили кои произлегуваат од основните карактеристики и намената на таа машина. Оптоварувањата што се пресметуваат врз основа на таквите сили се нарекуваат *номинални (работни) оптоварувања*. При редовна експлоатација на машинските елементи повремено или во одделни временски интервали може да дојде до зголемување на оптоварувањата што треба да се земе во предвид при пресметките и во тој случај се зборува за *меродавно оптоварување*. Меродавното оптовару-

вање се определува со анализа на сите можни случаи на промена на оптоварувањето и се пресметува како производ на номиналното оптоварување со вредноста на факторот за нерамномерното оптоварување. Оптоварувањата што предизвикуваат промени, поради кои машинскиот дел понатаму не би можел да обезбеди исправна и безбедна работа, се нарекуваат *критични оптоварувања*.

На машинските елементи при редовна експлоатација дејствуваат сили кои предизвикуваат напрегнување во материјалот од кој се изработени составните делови. Силите кои потекнуваат од работните оптоварувања се нарекуваат надворешни сили. Овие сили настојуваат да ги променат механичките особини на материјалот, односно да предизвикаат деформација. Внатрешните сили кои се јавуваат како последица на напрегнувањата заради деформацијата на материјалот, се спротиставуваат на дејството на надворешните сили и настојуваат да воспостават рамнотежа.

Силите кои дејствуваат може да бидат со постојан или променлив интензитет, па по однос на тоа се разликуваат статички и динамички сили и оптоварувања.

**Статичко (мирно) оптоварување** е оптоварување со постојан правец и насока чиј интензитет расте од нула до некоја определена вредност и потоа останува на таа константна вредност.



Сл.99. Статичко оптоварување на елементите

**Динамички (променливи) оптоварувања** се оптоварувања предизвикани од сили кои ја менуваат својата големина во пократки временски интервали.

Динамичките сили може да го менуваат интензитетот или едновремено интензитетот и насоката на дејствувањето, поради што можни се три случаи на оптоварување:

I случај – мирно оптоварување;

Силата што дејствува во текот на времето има постојан интензитет и насока. Оптоварувањето под дејство на вакви сили се нарекува уште и статичко оптоварување.

II случај – еднонасочно променливо оптоварување;

Силата која дејствува е со постојана насока и променлив интензитет. Во случај кога најмалата вредност на силата е нула, оптоварувањето се нарекува пулсирачко оптоварување.

III случај – наизменично променливо оптоварување;

Силата што го предизвикува ова оптоварување е со променлив интензитет и насока, па затоа овој вид оптоварување се нарекува уште и ударно оптоварување.

Оптоварувањата на машинските делови може да бидат:

- Примарни оптоварувања: предизвикани се од совладувањето на надворешните отпори;
- Секундарни оптоварувања: последица на неточноста на облиците на машинските делови и нивната неурамнотеженост.

Оптоварувањата на машинските делови претставуваат просторни системи од надворешни и внатрешни сили и спрегови предизвикани од:

- отпорите што машините ги совладуваат при вршење корисна работа;
- масите на одделни делови;
- корисните товари;
- притисоците на течности и гасови во разните садови под притисок;
- инерцијалните сили.

### 3.2.1.2. Напрегнувања

Состојбата во машинскиот дел што настанува под дејство на надворешни сили (оптоварување) и се карактеризира со деформација и соодветен внатрешен отпор се нарекува напрегнување.

*Напрегнување* е надворешно оптоварување сведено на единица површина. *Деформација* е промена на обликот и димензиите на машинските делови како последица на напрегнувањето.

На појавата на деформации им се спротивставуваат внатрешни сили кои настојуваат да ја воспостават првобитната состојба на материјалот и како резултат на тоа се појавува внатрешен напон. Со зголемување на деформацијата се зголемува и внатрешниот напон и при определен степен на деформација, надворешните и внатрешните сили се изедначуваат. Секое тело, до извесен степен на деформација, по престанување на дејството на надворешната сила се враќа во првобитната состојба, односно поседува еластичност. При понатамошно зголемување на вредноста на напрегнувањето, доколку се пречекори границата на еластичност, по престанувањето на дејството на надворешната сила, материјалот од кој што е изработено телото нема наполно да се врати во првобитната состојба и при тоа настануваат постојани деформации кои се нарекуваат уште и пластични деформации.

Деформациите на телата кои се појавуваат во нивната внатрешност може да бидат како резултат на напрегнувања од издолжување или смолкнување.

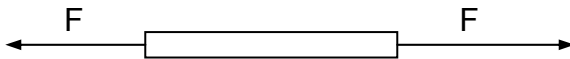
#### Видови напрегнувања

Иако во внатрешноста на материјалот се појавуваат само нормални и тангенцијални напрегнувања, според надворешните ефекти, се појавуваат следниве видови напрегнувања: затегнување (екстензија), притисок (компресија), површински притисок, смолкнување (секција), свиткување (флексија), усукување (торзија), или сложени напрегнувања.

Во поглед на променливоста на оптоварувањето, односно напрегнувањето се разликуваат статички и динамички оптоварувања односно напони во машинските елементи.

## Статичко испитување на материјалите

Статичкото испитување на материјалите се нарекува уште и испитување со затегнување.



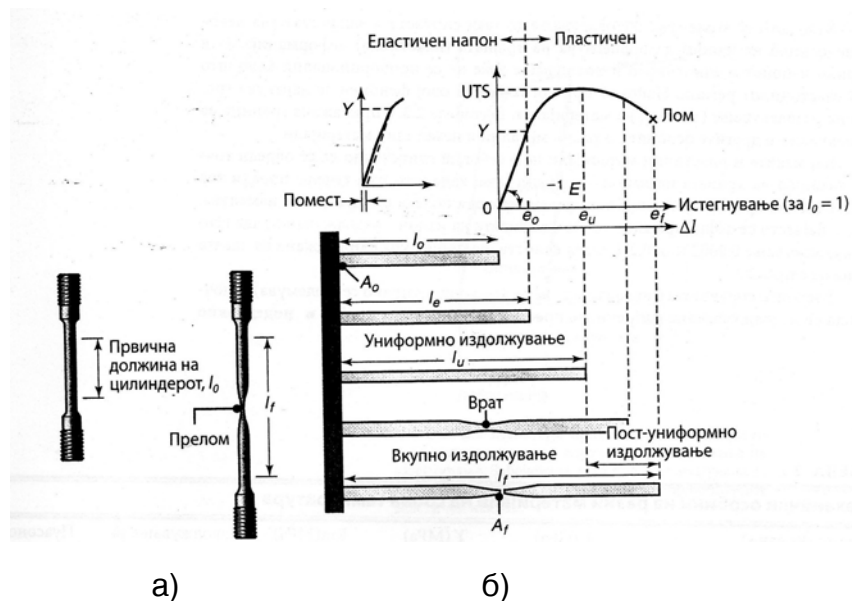
$$\sigma_z = \frac{F}{A}, \text{ каде: } \sigma_z = \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] \text{ - напрегнување на затегнување}$$

*Испитувањето на затегнување* се употребува за одредување на механичките особини на материјалите, како што се: јакост, пластичност, жилавост, еластичен модул и способност за зајакнување.

Статичкото испитување на материјалите (сл.100) се врши со затегнување на специјално изработена епрувета од материјалот кој се испитува. Епруветата се изработува по дадени стандарди, најчесто со должина од 50 mm и напречен пресек 12,5 mm. Најчесто, епруветите за испитување на затегнување се изработуваат како полни и заоблени, меѓутоа може да бидат рамни или цевчести.

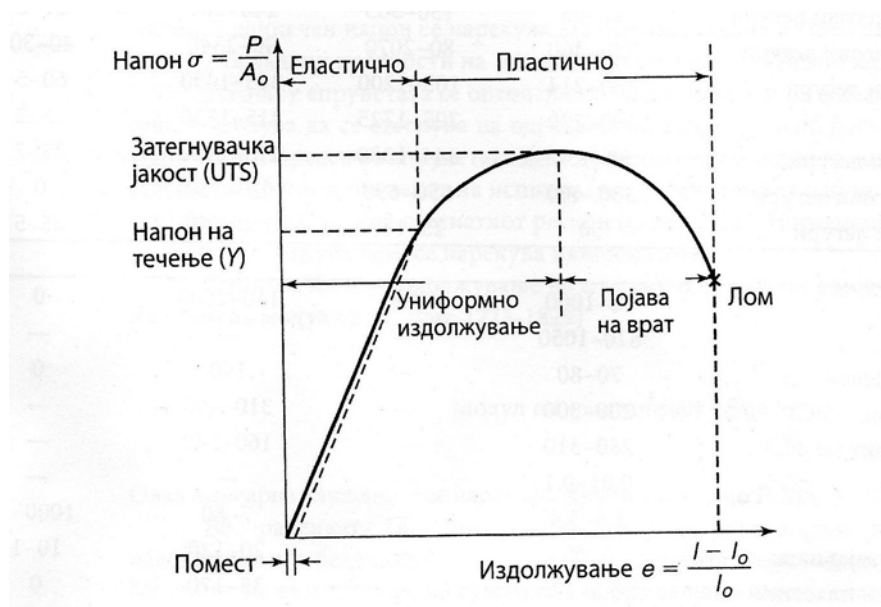
Стандардно изработената епрувета се поставува во специјални машини за испитување на затегнување. Овие машини се опремени со различни дополнителни уреди, така што епруветата може да се испитува при различни температури и различни брзини на деформација.

Со постепено зголемување на оптоварувањето (односно силата **F** која го предизвикува тоа оптоварување) се мери издолжувањето на епруветата и се исцртува дијаграм, од кој се гледа зависноста на издолжувањето од моменталната вредност на силата **F** (односно од напонот во попречниот пресек на епруветата  $\sigma$ ).



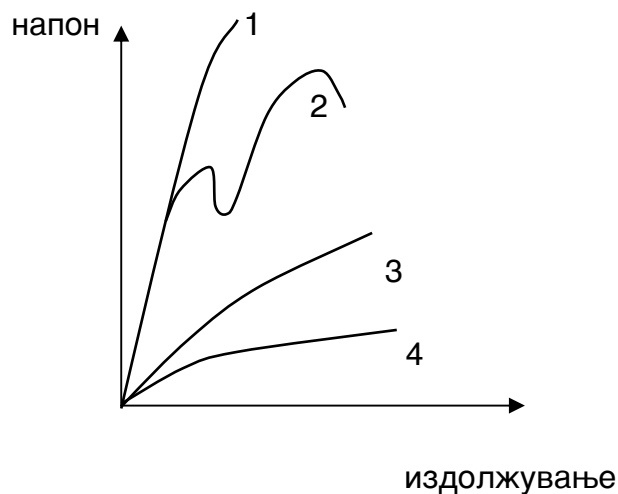
Сл.100. Статичко испитување на материјалите: а) должина на стандардната епрувета за испитување пред и по затегнувањето; б) графички приказ на издолжувањето на епруветата и дијаграм напон-издолжување

На сл.101. прикажан е дијаграм на зависноста напон - издолжување при статичко испитување на материјалите. Под дејство на оптоварувањето, епруветата се издолжува пропорционално со оптоварувањето и оваа особина на материјалот од кој е изработена епруветата се нарекува линеарна еластичност. Доколку се отстрани оптоварувањето, епруветата се враќа еластично на својата првобитната должина и облик. Како што се зголемува оптоварувањето, на некое определено ниво на напон, епруветата започнува да подлегува на постојаната, пластична деформација. Над ова ниво, напонот и единечното издолжување веќе не се пропорционални како што се во еластичниот регион. Напонот при кој се јавува овој феномен се нарекува граница на развлекување, односно граница на течење на материјалот. Односот напон - издолжување во еластичниот регион претставува Јунгов модул и се нарекува уште и модул на еластичност  $E$ . Линеарната зависност во еластичниот регион го претставува Хуков-иот закон.



Сл.101. Дијаграм на напон - издолжување при статичко испитување на материјалите

Напонот на развлекување за различни материјали има различни вредности, па според тоа и механичките особини се разликуваат кај разни материјали.



Сл.102. Дијаграм напон-издолжување за различни материјали: 1-тврд челик, 2- мек челик, 3- сив лив и 4-бакар



Во Таб.8. прикажана е вредноста на границата на развлекување  $\sigma$  и другите механички особини како што се модулот на еластичност  $E$ , вредноста на затегнувачка јакост  $R_m$  и издолжувањето  $\epsilon$  на некои метални материјали.

Таб.8. Механички особини на некои метални материјали при собна температура.

Метални материјали	$\sigma$ (Мпа)	$E$ (Gпа)	$R_m$ (Мпа)	$\epsilon$ за 50 mm (%)
алуминиум и негови легури	35-550	69-79	90-600	45-4
бакар и негови легури	76-1100	105-150	140-1310	65-3
олово и негови легури	14	14	20-55	50-9
магнезиум и негови легури	130-305	41-45	240-380	21-5
молибден и негови легури	80-2070	330-360	90-2340	40-30
никел и негови легури	105-1200	180-214	345-1450	60-5
челици	205-1725	190-200	415-1750	65-2
титан и негови легури	344-1380	80-130	415-1450	25-7
волфрам и негови легури	550-690	350-400	620-760	0
цинк и негови легури	25-180	50	240-550	65-5

Под дејство на оптоварувањето на затегнување, епруветата започнува рамномерно да се издолжува при што доаѓа до намалување на нејзиниот напречен пресек по целата мерена должина на испитуваната епрувета. Доколку се прекине дејството на оптоварувањето, кога напонот има повисока вредност од границата на развлекување, тогаш кривата следи надолна права линија паралелна со почетниот наклон на таа крива (сл.103).



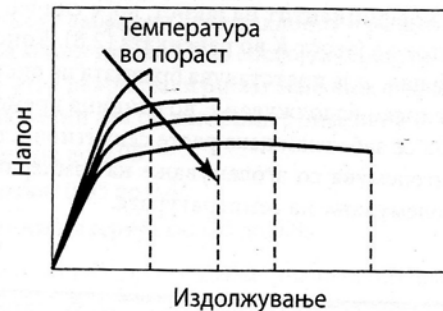
Сл.103. Дијаграм на оптоварување и растоварување на епруветата изработена од материјал кој се испитува на затегнување.

Со зголемување на оптоварувањето, напонот го достигнува својот максимум и со понатамошното зголемување на оптоварувањето вредноста на напонот започнува да се намалува. Максималниот единечен напон се нарекува затегнувачка јакост на материјалот. Доколку епруветата се оптовари со напон поголем од затегнувачката јакост, доаѓа до појава на стеснување на напречниот пресек на епруветата во еден дел од нејзината должина. Напречниот пресек на епруветата при тоа не е еднаков по мерената должина и е најмал во стеснетиот дел. Со понатамошното зголемување на оптоварувањето, вредноста на единечниот напон повторно опаѓа при што епруветата пука во стеснетиот дел, односно се случува појава на лом.

Кај дијаграмот за испитување со затегнување, напонот се базира врз почетната површина на напречниот пресек на епруветата. Меѓутоа, моменталната површина на напречниот пресек на епруветата, како резултат на оптоварувањето, се повеќе се намалува како што епруветата

се издолжува. При мали вредности на издолжувањето, единечното и вистинското издолжување на епруветата имаат приближно исти вредности, додека во случај на поголеми оптоварувања отстапувањата се поголеми.

На сл.104. претставено е влијанието на промената на температурата врз кривите на напон - издолжување.



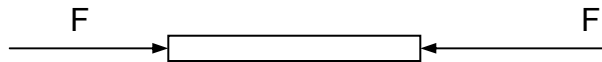
Сл.104. Влијание на температурата врз кривите напон - издолжување

Температурата влијае врз модулот на еластичноста, границата на течење, затегнувачката јакост и жилавоста на материјалите.

Некои машини може да обликуваат материјали на мали брзини, а други пак на големи брзини. Со цел да се прикаже влијанието од брзината на деформацијата, испитуваната епрувета може да се издолжи со брзина соодветна на онаа што материјалот би ја имал во вистинскиот производствен процес. Брзината на деформација се дефинира како брзина на која се одвива испитувањето на затегнување. Од друга страна, брзината на издолжување е функција од должината на епруветата. Епрувета со помала должина пропорционално повеќе се издолжува отколку епрувета со поголема должина во ист временски период. Во таб.4. прикажани се брзините на деформација кои најчесто се користат при разни испитувања и процеси на обработка на метал и вредностите на вистинските издолжувања. Зголемувањето на брзината на издолжување ја зголемува јакоста на материјалот. Способноста да некои материјали поднесуваат големи и рамномерни издолжувања пред појавата на стеснување и лом при затегнување се нарекува суперпластичност. Метали кои покажуваат суперпластични особини се ситнозрнестите легури од титаниум, и легури од цинк-алуминиум кои при повисоки температури може да се издолжат и неколку пати повеќе од нивната должина. Извршени се голем број испитувања под хидростатички притисок со цел да се одреди влијанието на хидростатичкиот притисок врз механичките особини на материјалите. Резултатите од испитувањата покажуваат дека

зголемувањето на хидростатичкиот притисок значително го зголемува издолжувањето при лом.

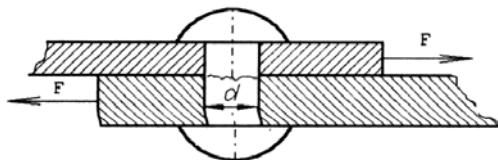
Голем дел од производствените процеси, особено процесите како ковање, валање и истиснување, се извршуваат под дејство на сили кои предизвикуваат збивање на материјалот кој се обработува и при тоа се јавува напрегнување на притисок.



$$\sigma_c = \frac{F}{A}, \text{ каде: } \sigma_c \text{ [N/mm}^2\text{]} - \text{напрегнување на притисок}$$

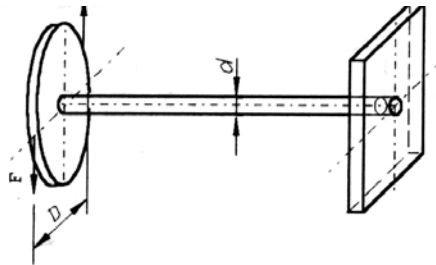
Испитувањето со збивање се изведува врз полна цилиндрична епрувета при што цилиндричната површина на епруветата се испакнува. Треба да се напомене дека епруветите со помал напречен пресек можат да се свиткаат во текот на ова испитување. Поради тоа што површината на напречниот пресек на епруветата се менува, при збивањето потешко е да се добијат кривите на напон - издолжување. Со доволно подмачкување може триењето да се сведе на најмала можна мера и да се одржи релативно константна површината на напречниот пресек на епруветата за време на испитувањето. Кога некој метал со одредена граница на течење ќе се подложи на затегнување во пластична област, а потоа се прекине со оптоварувањето и се нанесе збивање, границата на течење при збивањето е пониска отколку при затегнувањето.

Покрај затегнување и збивање, материјалот може да се подложи и на специфично издолжување при смолкнување.



$$\tau_s = \frac{F}{A}, \text{ каде: } \tau_s \text{ [N/mm}^2\text{]} - \text{напрегнување на смолкнување}$$

Методологијата на испитувањето за одредување на особините на материјалите при смолкнување е испитувањето со *увртување (торзија)*.



$\tau_u = \frac{T}{W_0}$ , каде:  $\tau_u$  [N/mm<sup>2</sup>] – напрегнување на усукување во најоптоварената зона.

T [N·mm] – момент на усукување во пресекот

$W_0$  [mm<sup>3</sup>] – поларен момент на пресекот

$W_0 = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$  - за кружен пресек, каде: d – пречник на кружниот пресек.

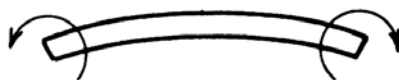
Напрегнувањето на увртување предизвикува тангенцијален напон во материјалот.

Со цел да се обезбеди речиси подеднаква распределба на напонот и издолжувањето по должината на напречниот пресек на материјалот, најчесто ова испитување се извршува врз тенка цевка, односно цевчеста епрувета. Односот на напонот на смолкнување и деформацијата која се јавува во материјалот при смолкнувањето во еластичното подрачје е познат како модул на лизгање **G**.

Најчесто употребувана метода за испитување на кршливи материјали е испитувањето на *свиткување*.

Кај свиткувањето во материјалот се појавуваат нормални напони на притисок и истегнување со различен интензитет.

За ова испитување се користи епрувета со правоаголен напречен пресек. Напонот при појава на лом се нарекува модул на лом.



$\sigma_s = \frac{M}{W}$ , каде:

$\sigma_s$  [N/mm<sup>2</sup>] – напрегање од свиткување во најоптоварената зона

$M$  [N·mm] – момент на свиткување во дадениот пресек

$W$  [mm<sup>3</sup>] – отпорен момент на пресекот

$W = \frac{b \cdot h^2}{6}$  - за праволиниски пресек, каде:  $b$  - ширина,  $h$  - висина

$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$  - за кружен пресек, каде:  $d$  - пречник (дијаметар).

Повеќето машини работат во така наречен нестационарен режим на работа т.е. кај нив често се менува оптоварувањето како и отпорите.

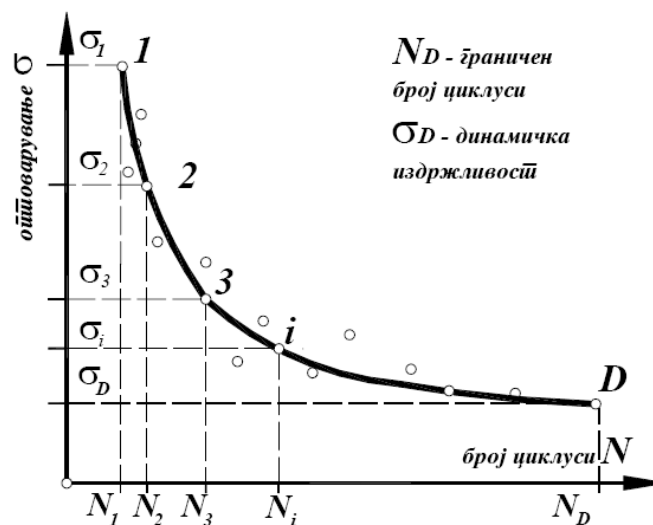
### Динамичко испитување на материјалите

Динамичкото испитување на материјалите се нарекува уште и испитување со замор. Се изведува со помош на специјално изработени епрувети за таа намена или со готови делови, со помош на пулсатори. Епруветата се подложува на периодично променливи оптоварувања со определен интензитет и се бројат циклусите при кои доаѓа до лом на епруветата. На определена вредност на оптоварувањето, односно напрегнувањето  $\sigma$  или  $\tau$ , одговара определен број циклуси  $N$  до настапување на лом. Со поврзување на така добиените точки во дијаграмот  $F$ ,  $\sigma$ , или  $\tau$  (ордината) и бројот циклуси  $N$  (апсциса) се добива крива слична на хиперболата, која асимптотски се стреми кон една постојана вредност што се нарекува динамичка издржливост (цврстина)  $\sigma_D$  или  $\tau_D$  и претставува најголем номинален напон при периодично променливо оптоварување што епруветата од испитуваниот материјал може да го издржи без лом и при неограничен број циклуси. Вака добиената крива е позната под името **Wohler** – ова крива или крива на заморувањето за испитуваниот материјал.

Вредноста на граничниот број циклуси за поедини метални материјали изнесува:

$N_D = 10 \cdot 10^6$  - за обичните конструктивни челици, и

$N_D = 100 \cdot 10^6$  - за други челици и обоени метали, како и за испитување на метали со заморување подложни на дејство на корозија или при повисоки температури.



Сл.105. Крива на заморување на материјалот (**Wohler** – ова крива)

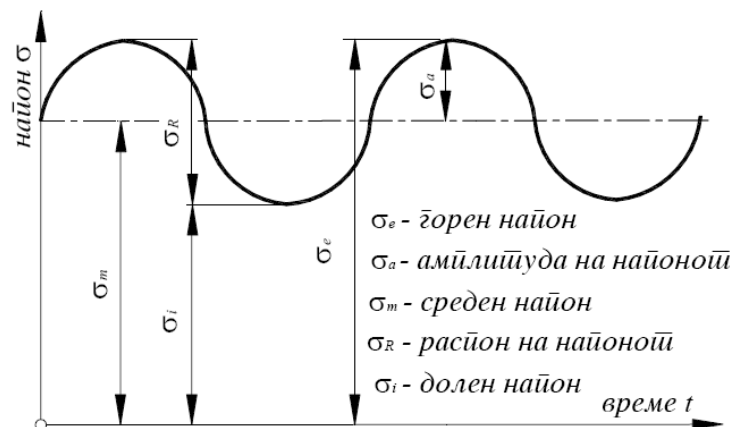
Вистинската вредност на динамичката издржливост на даден машински елемент е различна од онаа на испитуваната епруветата и зависи од рапавоста на површините на тој машински дел, како и од елементите кои се поставени на неговата површина, а предизвикуваат дополнителна концентрација на напоните.

### 3.2.1.3. Напони

Напон претставува реакција на напрегнувањето во пресекот. Вредноста на напонот по интензитет е еднаква со вредноста на напрегнувањето, но има спротивна насока од него.

За определена вредност на горниот напон  $\sigma_e$ , со зголемување на средниот напон  $\sigma_m$  сè повеќе се намалува амплитудата на напонот  $\sigma_a$ , со што се намалува динамичкиот начин на оптоварување т.е. истиот се приближува кон статичкиот начин на оптоварување (сл.106.)

Вистинската вредност на динамичката издржливост на одреден машински елемент е различна од онаа на епруветата, што зависи од рапавоста на неговите површини, како и од елементите кои постојат на неговата површина, а предизвикуваат дополнителна концентрација на напоните. Поради тоа се воведува поимот дозволен напон  $\sigma_D$ .



Сл.106. Еднонасочно - променлив напон

### 3.2.1.4. Степен на сигурност

Под степен на сигурност  $\nu_\sigma$  (или  $\nu_\tau$ ) на еден машински елемент со познати димензии и изработен од определен материјал се подразбира односот на меродавниот критичен напон  $\sigma_k$  (или  $\tau_k$ ) и соодветниот работен напон  $\sigma$  (или  $\tau$ ) во набљудуваниот пресек.

$$\nu_\sigma = \frac{\sigma_k}{\sigma} > 1 \text{ и } \nu_\tau = \frac{\tau_k}{\tau} > 1$$

Ако вредноста на степенот на сигурност е блиска до 1 (или еднаква на 1) се добива најмала можна димензија на машинскиот дел, работниот напон во пресекот има вредност блиска или еднаква со онаа на дозволеният напон, и обратно, колку е таа поголема, димензијата станува поголема, а напонот во пресекот е помал од дозволеният.

Напоните во машинските делови не смеат да бидат такви да предизвикаат критични деформации во материјалот. Поради тоа, работниот напон треба да биде помал од критичниот. Односот на критичниот и работниот (номинален) напон го дефинира степенот на сигурност во однос на критичниот напон. Степенот на сигурност може да се дефинира по однос на нормалното и тангенцијалното напрегање. Критичен напон може



да биде напонот на статички лом, напонот на границата на развлекувањето, на заморот или на друга критична големина.

При димензионирање на стандардни делови какви што се машинските елементи, често наместо степен на сигурност се употребува дозволено напрегнување. Дозволеното напрегнување е дефинирано како однос помеѓу критичниот напон и степенот на сигурност, и претставува најголемо дозволено напрегнување при кое е овозможена безбедна и сигурна работа.

$$\sigma_d = \frac{\sigma_k}{V}$$

$\sigma_d$  – дозволено напрегнување

$\sigma_k$  – критичен напон

V - степен на сигурност

Дозволените напрегнувања се наведуваат за три основни случаи на оптоварување:

I случај – статичко оптоварување;

II случај – еднонасочно променливо оптоварување;

III случај – наизменично променливо оптоварување.

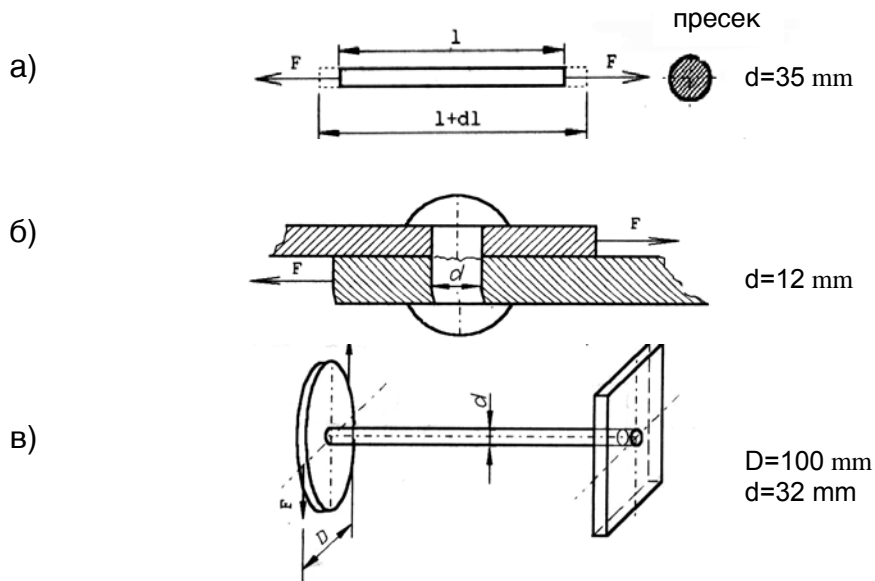
Дозволените напрегнувања за конструктивните материјали кои најчесто се применуваат во машинското инженерство дадени се во Таб.9.

Таб.9 Дозволените напрегнувања за конструктивните материјали во  $N/mm^2$ 

материјал	$\sigma_{mz}$	случај на оптоварување	$\sigma_{dz}$	$\sigma_{dc}$	$\rho_d$	$\sigma_{ds}$	$\tau_{ds}$	$\tau_{du}$
топен челик	300-490	I	90-120	90-120	80-100	90-120	72-96	60-90
		II	60-80	60-80	53-70	50-80	48-64	40-60
		III	30-40	30-40	27-35	30-40	24-32	20-30
	500-700	I	120-180	120-180	100-150	120-180	96-144	90-140
		II	80-120	80-120	70-100	80-120	64-96	60-96
		III	40-60	40-60	35-50	40-60	32-48	30-48
челична одливка	360-600	I	30-35	90-150	80-100	75-120	48-96	48-96
		II	20-23	60-100	53-67	50-80	32-64	32-64
		III	10-1.2	20-40	27-33	25-40	16-32	16-32
лиено железо	135-260	I	40-50	90-100	70-80	46-60	30-35	27-35
		II	27-33	60-66	47-53	31-40	20-23	18-23
		III	13-17		23-27	15-20	10-12	9-12
калајна бронза	200-250	I	60-90	10-50	30-40	40-50		30-40
		II	40-60	27-33	20-2.7	27-33		20-27
		III	20-30		10-13	13-17		10-13
фосфорна бронза	200-250	I	30-40	60-90	50-75	60-90	45-70	45-70
		II	20-27	40-60	33-50	40-60	30-47	30-47
		III	10-13	20-30	17-25	20-30	15-23	15-23
машинска бронза		I		30-40	25-35	30-40		
		II		20-27	17-23	20-.7		
		III		10-13	8-12	10-13		

## Пример бр.1.

За елементите прикажани на сликата треба да се определи видот на работното напрегнување и да се пресмета неговата вредност, ако вредноста на силата изнесува  $F=5 \cdot 10^3$  N.



## Решение:

а) Елементот е оптоварен со надворешна сила на затегнување (екстензија), и во неговиот напречен пресек се јавува напрегнување на затегнување чија вредност изнесува:

$$\sigma_z = \frac{F}{A} = \frac{4F}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 5 \cdot 10^3}{\pi \cdot 35^2} = 5,2 \text{ N/mm}^2$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

б) Елементот е оптоварен со надворешна сила на смолкнување (секција) од која во неговиот внатрешен пресек се јавува напрегнување на смолкнување чија вредност изнесува:

$$\tau_s = \frac{F}{A} = \frac{4F}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 5 \cdot 10^3}{\pi \cdot 12^2} \approx 44,2 \text{ N/mm}^2$$

в) Елементот е оптоварен со надворешен спрег од сили од кој во пресекот на вклетувањето се јавува напрегнување на усукнување (торзија) чија вредност е:

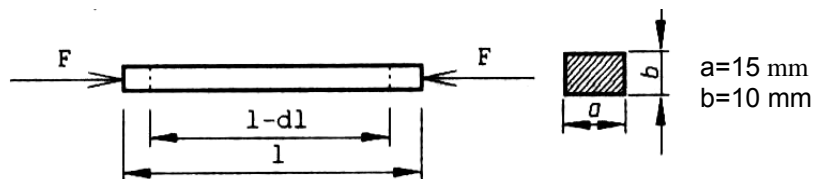
$\tau_u = \frac{T}{W_o}$  , каде:  $T = F \cdot D = 5 \cdot 10^3 \cdot 100 = 5 \cdot 10^5 \text{ N}\cdot\text{mm}$ , а вредноста на поларниот отпорен момент на пресекот е:

$$W_o = \frac{\pi d^3}{16} = \frac{\pi \cdot 32^3}{16} = 6,43 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\tau_u = \frac{T}{W_o} = \frac{5 \cdot 10^5}{6,43 \cdot 10^3} = 77,76 \text{ N/mm}^2$$

*Пример бр.2.*

За елементот прикажан на сликата да се определи видот на работното напрегнување и да се пресмета неговата вредност, ако вредноста на силата изнесува  $F = 10 \cdot 10^3 \text{ N}$ .



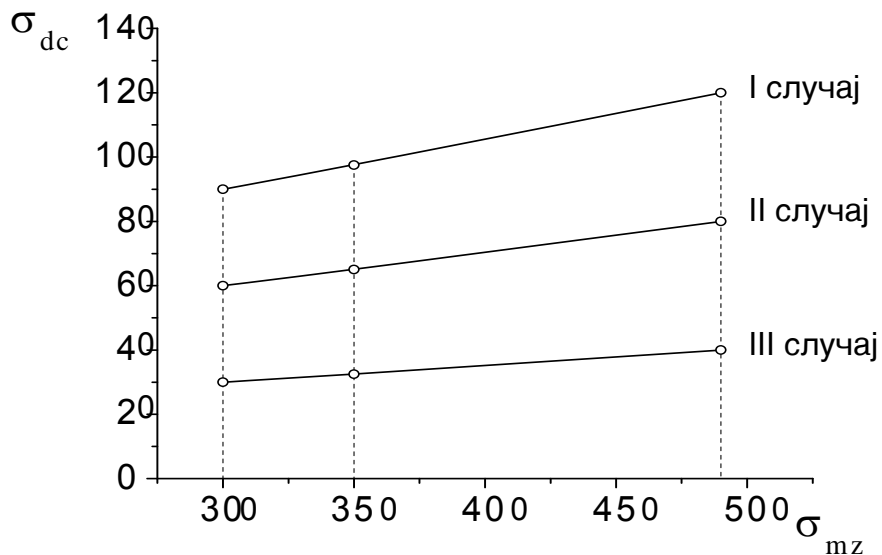
Ако елементот е изработен од топен челик со јачина на кинење  $\sigma_{mz} = 350 \text{ N/mm}^2$ , да се дефинира вредноста на дозволеното напрегнување, да се направи споредба со работното напрегнување и да се пресмета вредноста на степенот на сигурноста за сите три случаи на оптоварување.

*Решение:*

Елементот е оптоварен со надворешна сила на притисок од која во неговиот напречен пресек се јавува напрегнување на притисок чија вредност изнесува:

$$\sigma_c = \frac{F}{A} = \frac{F}{a \cdot b} = \frac{10 \cdot 10^3}{15 \cdot 10} = 67 \text{ N/mm}^2$$

Табеларната вредност за дозволени напрегнувања од притисок за топен челик со јачина на кинење  $\sigma_{mz} = 350 \text{ N/mm}^2$  изнесува:



а) за I случај (статичко оптоварување)

$\sigma_{dc} = 97,5 \text{ N/mm}^2$ , а степенот на сигурност изнесува:

$$U_c = \frac{\sigma_{dc}}{\sigma_c} = \frac{97,5}{67} \approx 1,46 > 1 \text{ - задоволува}$$

б) за II случај (еднонасочно променливо оптоварување)

$\sigma_{dc} = 65 \text{ N/mm}^2$ , а степенот на сигурност изнесува:

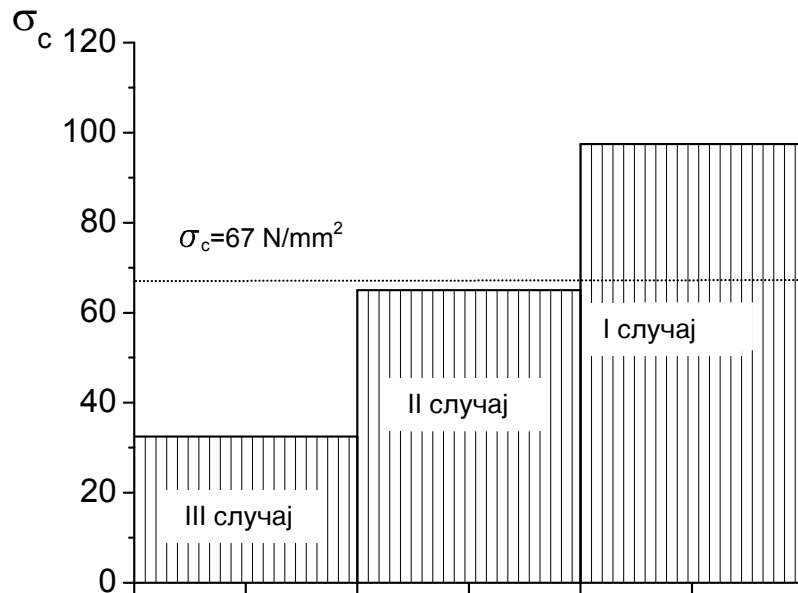
$$U_c = \frac{\sigma_{dc}}{\sigma_c} = \frac{65}{67} = 0,97 < 1 \text{ - не задоволува}$$

в) за III случај (наизменично променливо оптоварување)

$\sigma_{dc} = 32,5 \text{ N/mm}^2$ , и

$$\nu_c = \frac{\sigma_{dc}}{\sigma_c} = \frac{32,5}{67} = 0,49 < 1 \text{ - не задоволува}$$

Зона на дозволени напрегања на притисок за топен челик со  $\sigma_{mz}=350$  N/mm<sup>2</sup>



Бидејќи вредноста на работното напрегнување изнесува  $\sigma_c=67$  N/mm<sup>2</sup> и е поголема од дозволените вредности за III и II случај на оптоварување, елементот може да биде оптоварен само во I случај на оптоварување.

### 3.3. ТОЛЕРАНЦИИ НА ДОЛЖИНСКИТЕ МЕРИ И ОБЛИЦИ

При изработката на машинските делови според соодветната техничка документација, потребно е да се постигне бараната точност на димензиите, формата и меѓусебната положба на одделните површини на делот. Дозволените отстапувања на димензиите и формата на машинските делови се нарекуваат толеранции.

Главни причини за отстапувањето од идеалната точност на димензиите се:

- несовршеноста на сите фактори што учествуваат во изработката на машинските делови, како: алатните машини, алатите, материјалот и човечкиот фактор;
- несовршеноста на методите за мерење и контрола што не овозможуваат точно мерење на фактичната големина на димензиите.

Апсолутната точност како на димензиите, така и на формата на машинските делови и не е неопходен услов за исправната работа на машината. За правилната работа на машината најчесто не е потребна апсолутна точност на димензиите. Тие можат да се изведуваат со помали или поголеми отстапувања, во зависност од економичноста и функцијата што машинскиот дел ја обавува во склопот на машината. Трошоците на производство растат со зголемување на точноста на димензиите поради што е потребно да се усогласат условите на функцијата со условите на економичноста во производството.

Според аспектите по кои може да се суди за точноста на изработката на машинските делови, се разликуваат следниве системи на толеранции:

- толеранции на должинските мери;
- толеранции на формата и на положбата на одделните контурни површини;
- толеранции на коничните површини;
- толеранции на квалитетот и глаткоста на површините;
- толеранции на навоите и навојните врски;
- толеранции на тркалачките лежишта;
- толеранции на запчениците.

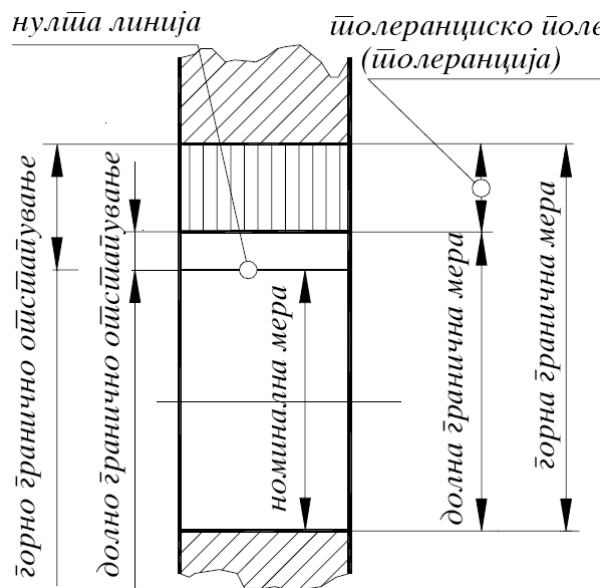
**ISO** – системот на толеранции на должинските мери е разработен првенствено за мерите на машинските делови со кружен напречен пресек. Меѓутоа, тој може да се примени и на било кои други должински мери. Овој систем предвидува посебни толеранции за надворешните мери (оски или чепови), а посебни за внатрешните мери (отвори).

Најчесто среќавани поими во **ISO**–системот на толеранции на должинските мери се:

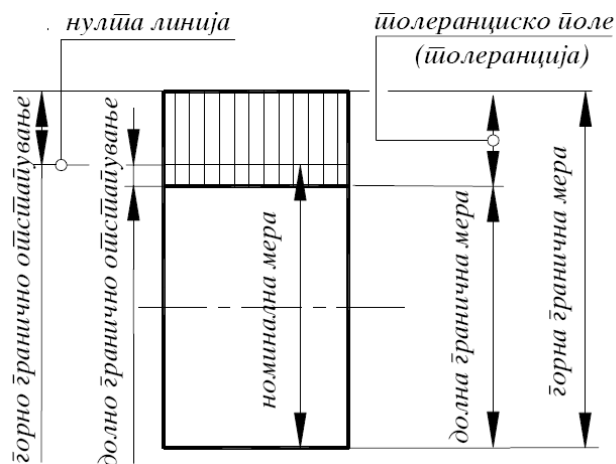
- *Надворешна мера* е должинска мера на машинскиот дел, која при мерењето се наоѓа помеѓу допирните површини на мерниот прибор т.е. мерните површини на мерниот прибор се наоѓаат од надворешните страни на мерената должина (пр. пречникот на оска, вратило, должина, широчина или височина на тело и др.). Големините што се однесуваат на надворешните мери се означуваат со малите букви од латинската абецеда (**a, b, c, d** итн.);
- *Внатрешна мера* е должинска мера на машинскиот дел која при мерењето се наоѓа од надворешната страна на допирните површини на мерниот прибор (мерните површини на мерниот прибор се наоѓаат во внатрешноста на мерената должина. (пр. пречникот на цилиндричниот или било каков друг отвор). Големините што се однесуваат на внатрешните мери се означуваат со големите букви од латинската абецеда (**A, B, C, D** итн.);
- *Номинална мера* е онаа мера која служи како основа за определување на граничните мерки и отстапувањата. Најчесто одговара на низата стандардни броеви и се дава со цел број изразен во **mm**;
- *Фактичка мера* е онаа мера што ќе се утврди со мерење на изработениот дел и треба да го задоволи условот да лежи помеѓу горната и долната гранична мера;
- *Гранична мера* – тоа се две крајни дозволени мери (најголема и најмала дозволена мера), меѓу кои треба да лежи фактичката мера;
- *горна гранична мера* е најголемата дозволена мера на исправно изработениот машински дел. За надворешни мери се нарекува уште и мера на максимум материјал, а за внатрешни мери (отвор) се нарекува мера на минимум материјал, бидејќи во таков случај делот има најмалку материјал;
- *долна гранична мера* е најмалата дозволена мера на изработениот машински дел. За надворешни мери се нарекува мера на минимум материјал, а за внатрешни мери (отвор) се нарекува мера на максимум материјал.



- *Нулта линија* е права линија која при графичкото прикажување на толеранциите одговара на номиналната мера, и претставува појдовна линија од која се сметаат и графички нанесуваат отстапувањата и тоа позитивните над, а негативните под таа линија;
- *Отстапување* е разлика помеѓу некоја мера и номиналната мера; Горно отстапување е разликата помеѓу предвидената горна гранична мера и номиналната мера, а долно отстапување разликата помеѓу долната гранична мера и номиналната. Фактичко отстапување е разликата помеѓу фактичката и номиналната мера;
- *Толеранција* е разлика помеѓу горната и долната гранична мера;
- *Толеранциско поле* е графички претставена толеранција;
- *Добрата мера* е секоја мера која се наоѓа помеѓу граничните мери, како и мерата добиена при обработка;
- *Лоша мера* е секоја реална мера која се наоѓа надвор од граничните мери.



Сл.107. Графички приказ на поимите во **ISO** – системот на толеранции на должинските мери (внатрешна мера-отвор)



Сл.108. Графички приказ на поимите во **ISO** – системот на толеранции на должинските мери (надворешна мера-оска)

### 3.3.1. Големини и положби на толеранциските полиња

Во **ISO** – системот на толеранции секоја толеранција е дефинирана со својата големина и положба на толеранциското поле во однос на нултата линија.

Степенот на толеранцијата т.е. височината на толеранциското поле во

**ISO** – системот симболично се изразува со броеви и тоа:

- 01, 0, 1, 2, 3.....18 за номинални мери до 500 mm и
- 6, 7,8 .....16 за номинални мери над 500 до 3150 mm.

Степените 01 и 0 одговараат на најголема точност, предвидуваат тесни толеранциски полиња што сè уште не се постигнати, а големините ....17 и 18 одговараат на најмала точност, предвидуваат широки толеранциски полиња и во современото производство многу ретко, речиси и не се применуваат.

Според тоа, во редовното производство најчесто се применуваат степените 5 до 6 (за големи точности), 6, 7 до 8 (за нормално остварливи точности) и 9 до 11 (за помали точности).

Положбата на толеранцијата се дефинира со положбата на толеранциското поле во однос на нултата линија во **ISO** – системот и се означува со буквите од латинската абецеда и тоа:

- со мали букви за надворешните мери (оски): a, b, c, d, e, g, h, j, k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb и zc;
- со големи за внатрешни мери (отвори): A, B, C ..H..ZC (истите букви).

Класата на толеранцијата се дефинира со положбата и со степенот на толеранцијата, како на пример: **H7** - за отвори и **f6** - за оски.

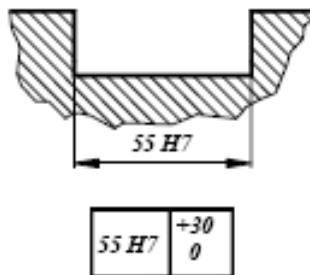
### 3.3.2. Избор и прикажување на толеранциите

Изборот на положбата на толеранциското поле е во тесна врска со изборот на степенот на толеранцијата: фин (тесно толеранциско поле), или груб (широко толеранциско поле). Финиот степен за разлика од грубиот степен бара прецизни алатни машини, алати, како и соодветно обучен кадар. Според тоа, ваквиот квалитет создава и повисока цена на производот. Во таа смисла се препорачува примената на тесните толеранции (фин квалитет) само таму каде што е неопходна поради функцијата на склопот и машината во целина, а да се избегнува секаде каде што е тоа можно (нема потреба од фин квалитет). Освен што е неекономична, изведбата на тесните толеранции (фин квалитет) во некои случаи е и многу тешко остварлива.

Според **ISO** – системот на заеднички отвор кај налегнување на една оска и отвор со една заедничка номинална мера, положбата на толеранциското поле на отворот се избира со ознаката **H**.

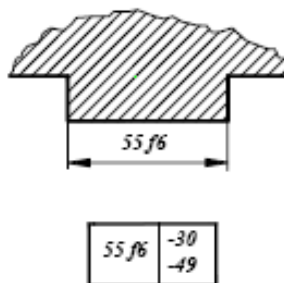
### 3.3.3. Означување на толерираните мери

Секоја толерирана мера е потребно да ги содржи следните елементи: номинална мера, положба на толеранциското поле во однос на нултата линија, степен на толеранцијата како и ознака “ $\varnothing$ ”, доколку таа се однесува на пречникот на кружен пресек.



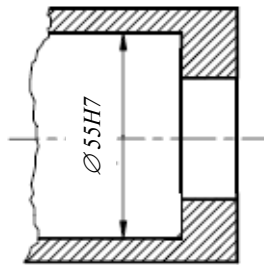
Сл.109. Внатрешна мера

На сликата 109, **55 H7** – е внатрешна должинска мера (ознака со голема буква **H**) чија номинална вредност изнесува 55 mm, положбата на толеранциското поле е над нултата линија, а степенот на толеранцијата е 7. Според табелата за граничните отстапувања за толеранциски полиња оваа мера може да се запише и во облик  $55^{+30}_0$ , што значи дека нејзината минимална мера треба да биде 55 mm, а максималната 55,03 mm. Секое парче кое во серијата ќе биде изработено со помала мера од 55 mm или пак со поголема од 55,03 mm е неисправно и како такво не смее да се монтира, па се отфрла.



Сл.110. Надворешна мера

На сликата 110, **55 f6** – е надворешна должинска мера (ознака со мала буква **f**) чија номинална мера 55 mm, положбата на толеранциското поле е под нултата линија (ознака **f**), а степенот на толеранцијата е 6. Според табелата за граничните отстапувања оваа мера може да се запише и во облик  $55^{-30}_{-49}$ , што значи дека нејзината минимална мера треба да биде 54,951 mm, а максималната 54,970 mm. Секое парче кое во серијата ќе биде изработено со помала мера од 54,951 mm или пак со поголема од 54,970 mm е неисправно и како такво треба да се отфрли.



Сл.111. Кружен пресек на отвор

За кружен пресек со иста толеранција соодветните толерирани мери треба да се запишат во облик  $\varnothing 55 H7$  за отворот и  $\varnothing 55 f6$  за оската.

**ISO** – системот на толеранции со заеднички отвор е сосем доволен за избор на какво и да е потребно налегнување: лабаво, преодно и цврсто налегнување на оска и отвор.

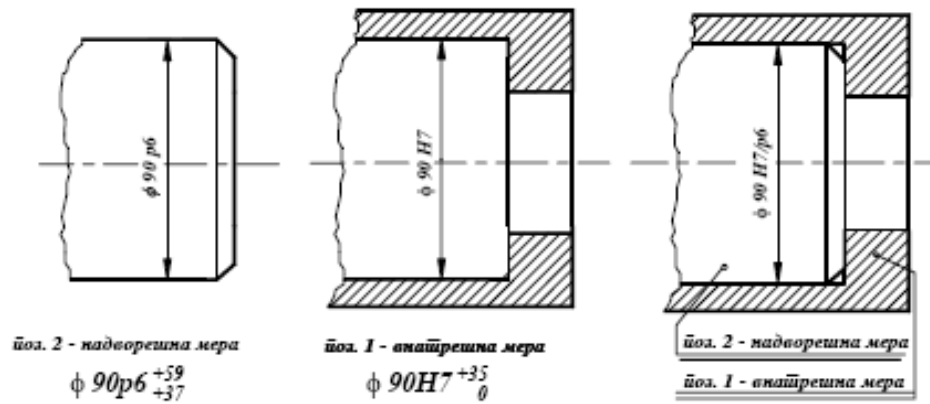
- Ако во дефинираното налегнување фактичката мера на оската е секогаш помала од фактичката мера на отворот, тогаш станува збор за *лабаво налегнување*. Во **ISO** – системот на заеднички отвор таков е случајот со налегнувањата што се дефинирани со следните положби на отворот и оската **H/a, H/b .....H/h**.

Согласно тоа,  $\varnothing 55 H7/f6$  е лабаво налегнување, бидејќи фактичката мера на оската е секогаш помала од фактичката мера на отворот.

- Ако во дефинираното налегнување фактичката мера на оската е помала или поголема од фактичката мера на отворот, тогаш станува збор за *неизвесно налегнување*. Во **ISO** – системот на заеднички отвор таков е случајот со налегнувањата што се дефинирани со следните положби на отворот и оската **H/j до H/k**.

- Ако во дефинираното налегнување фактичката мера на оската е секогаш поголема од фактичката мера на отворот, тогаш станува збор за *цврсто налегнување*. Во **ISO** – системот на заеднички отвор таков е случајот со налегнувањата што се дефинирани со следните положби на отворот и оската **H/k, H/r .....H/z**.

Согласно тоа,  $\varnothing 55 H7/p6$  е цврсто налегнување, бидејќи фактичката мера на оската (*челот*) секогаш е поголема од фактичката мера на отворот.



Сл.112. Означување на толерирана мера  $\phi 90 H7/r6$  на кружен пресек поединечно и во склоп

Таб.10. Бројни вредности на граничните отстапувања за некои толеранциски полиња

Номинална мера	степен	H	d	e	f	g	h	j	k	m	n	p
18 – 30	5	+9 0	-65 -74	-40 -49	-20 -29	-7 -16	0 -9	+5 -4	+11 +2	+17 +8	+24 +15	+31 +22
	6	+13 0	-65 -78	-40 -53	-20 -33	-7 -20	0 -13	9 -4	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+35 +22
	7	+21 0	-65 -86	-40 -61	-20 -41	-7 -28	0 -21	+13 -8	+23 +2	+29 +8	+36 +15	+22 +43
	8	+33 0	-65 -98	-40 -73	-20 -53	-7 -40	0 -33	+17 -16	+33 0	+41 +8	+48 +15	+55 +22
30 - 50	5	+11 0	-80 -91	-50 -61	-25 -36	-9 -20	0 -11	+6 -5	+13 +2	+20 +9	+28 +17	+37 +26
	6	+16 0	-80 -96	-50 -66	-25 -41	-9 -25	0 -16	+11 -5	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26
	7	+25 0	-80 -105	-50 -75	-25 -50	-9 -34	0 -25	+15 -10	+27 +2	+34 +9	+42 +17	+51 +26
	8	+39 0	-80 -119	-50 -89	-25 -64	-9 -48	0 -39	+20 -19	+39 0	+48 +9	+56 +17	+65 +26
50 - 80	6	+19 0	-100 -119	-60 -79	-30 -49	-10 -29	0 -19	+12 -7	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+51 +32
	7	+30 0	-100 -130	-60 -90	-30 -60	-10 -40	0 -30	+18 -12	+32 +2	+41 +11	+50 +20	+62 +32
	8	+46 0	-100 -146	-60 -106	-30 -76	-10 -56	0 -46	+23 -23	+46 0	+57 +11	+66 +20	+78 +32
	9	+74 0	-120 -174	-60 -134	-30 -104	-10 -84	0 -74	+37 -37	+74 0	+84 +11	+94 +20	106 +32
80 - 120	6	+22 0	-120 -142	-72 -94	-36 -58	-12 -34	0 -22	+13 -9	+25 +3	+35 +13	+45 +23	+59 +37
	7	+35 0	-120 -155	-72 -107	-36 -71	-12 -47	0 -35	+20 -15	+38 +3	+48 +13	+58 +23	+72 +37
	8	+54 0	-120 -174	-72 -126	-36 -90	-12 -66	0 -54	+27 -27	+54 0	+67 +13	+77 +23	+91 +37
	9	+87 0	-120 -207	-12 -159	-36 -123	-12 -99	0 -87	+44 -43	+87 0	+100 +13	+110 +23	+124 +37
120 – 180	7	+40 0	-145 -185	-85 -125	-43 -83	-14 -54	0 -40	+22 -18	+43 +3	+55 +15	+67 +27	+83 +43
	8	+63 0	-145 -208	-85 -148	-43 -106	-14 -77	0 -63	+32 -31	+63 +0	+78 +15	+90 +27	+106 +43
	9	+100 0	-145 -245	-85 -185	-43 -143	-14 -114	0 -100	+50 -50	+100 0	+115 +15	+127 +27	+143 +43
180 - 250	7	+46 0	-170 -216	-100 -146	-50 -96	-15 -61	0 -46	+25 -21	+50 +4	+63 +17	+77 +31	+96 +50
	8	+72 0	-170 -242	-100 -172	-50 -122	-15 -87	0 -72	+36 -36	+72 0	+89 +17	+103 +31	+122 +50

### 3.4. ВРСКИ КАЈ МАШИНСКИТЕ ДЕЛОВИ

За да може една машина правилно да функционира и успешно да ја извршува работата и функцијата, сите делови, склопови и групи делови во неа треба да бидат меѓусебно поврзани со разни видови врски. Основна задача на секоја врска е да го пренесе оптоварувањето од еден на друг дел од машината, а притоа нејзината цврстина да не биде помала од цврстината на деловите што таа ги поврзува.

Зависно од функцијата, врските може да бидат:

- *подвижни врски* - овозможуваат извесно движење на едниот во однос на другиот машински дел (цилиндричен зглоб или оскичка, сферичен зглоб или топчест ракавец и др.);
- *неподвижни врски* - овозможуваат цврсто спојување на машинските делови, склопови и групи во една цврста целина и се изведуваат како раздвојливи или нераздвојливи.

Раздвојливите врски овозможуваат раздвојување на составните делови без разурнување т.е. без оштетување, за разлика од нераздвојливите кај кои раздвојувањето не може да се оствари без оштетување или пак целосно разурнување.

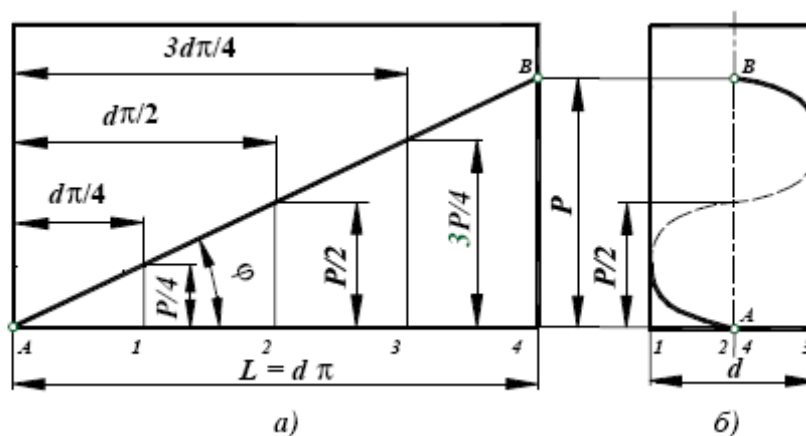
#### 3.4.1. Елементи кај врските со навој

Врските со навој содржат навоен пар како основен елемент на склопот. Навојниот пар е спрега од два машински елементи што се остварува преку навојна површина која се заснова на навојната линија или, едноставно кажано, навојница. Врската со навој е цврста раздвојлива врска што се остварува преку надворешен навој (завртка) и внатрешен навој (навртка), како основни елементи на врската со навој.



### 3.4.1.1. Навојна линија, навојна површина и навој

Навојна линија е просторна геометриска линија што се добива кога една точка истовремено врши рамномерно кружно движење околу оската на цилиндер или конус и рамномерно праволиниско движење паралелно со оската на цилиндерот или конусот.



Сл.113. Лева навојна линија (навојница) по цилиндар со пречник  $d$  - (б), и развиен цилиндар по изводницата  $AB$  - (а)

Со развивање на цилиндарот по изводницата  $AB$  навојната линија се развива во права линија, со агол  $\varphi$  во однос на основата (периметар на базисот од цилиндарот) и поместување на почетната точка за вредност на чекорот  $P$ , паралелно со оската на цилиндарот што се добива за едно завртување.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{P}{d \cdot \pi}$$

- Според бројот на почетоците навојот може да биде со еден и со повеќе почетоци кои почнуваат од заедничка основа, а се завртени за  $360/n^\circ$ , каде што  $n$  е бројот на почетоците. Се разликуваат еднооден при  $n=1$  или повеќеоден навој при  $n>1$ ;
- Според насоката на движењето навојната линија може да биде десна, ако гледано во правец на оската на цилиндарот точката се

оддалечува со вртење во насока на стрелката од часовникот или лева, во обратен случај;

- Според формата навојот може да биде цилиндричен, ако лежи на цилиндрична површина, или конусен, ако лежи на конусна површина.

*Навојна површина* претставува хеликоид што се добива кога отсечка се движи по навојна линија при што сите нејзини точки опишуваат по една навојна линија, а сите заедно ја сочинуваат навојната површина.

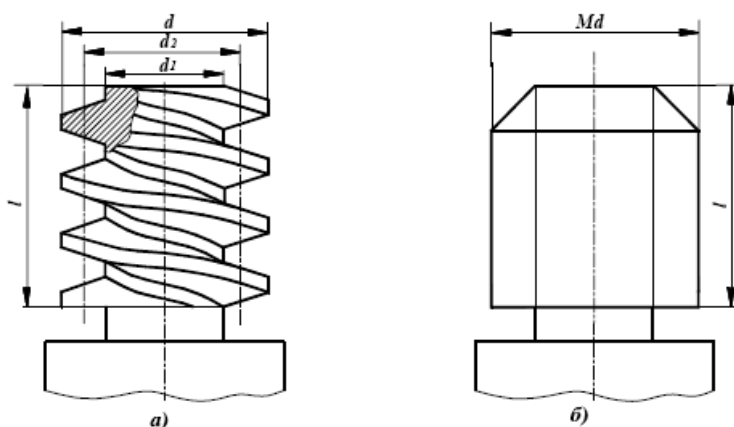
*Навој* се добива кога геометриска слика (квадрат, круг или најчесто триаголник) се движи по една навојна линија.

Сите точки што припаѓаат на таа геометриска слика се движат по сопствени навојници кои имаат заедничка оска и иста вредност на чекорот, но поради различните пречници на цилиндрите по кои се движат вредноста на аголот на навојниците е различна.

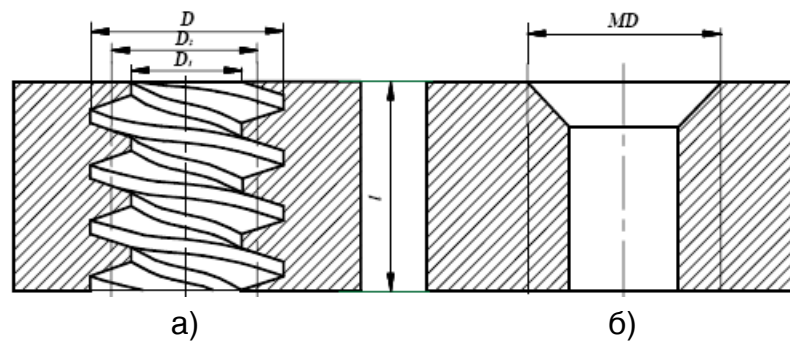
Навојот може да биде лев или десен, цилиндричен или конусен, еднооден, двооден или пак повеќеоден.

Геометриската слика го дефинира теоретскиот профил на навојот.

Во зависност од тоа дали теоретскиот профил на навојот лежи на надворешната страна од цилиндерот односно конусот или, пак, на внатрешната страна на шуплив цилиндер односно конус, стандардизирани се надворешен (завртка) и внатрешен цилиндричен односно конусен навој (навртка).



Сл.114. Изглед (а) и правилно (упростено) (б) претставување на надворешен навој (завртка) во технчката документација



Сл.115. Изглед (а) и правилно (упростено) (б) претставување на внатрешен навој (навртка) во техничката документација

### 3.4.1.2. Елементи и големини на навојниот пар

Навоен пар е склоп од надворешен (завртка) и внатрешен навој (навртка), при што боковите на двата навоја се допираат.

Навоите кои влегуваат во состав на еден навоен пар се нарекуваат спрегнати навои.

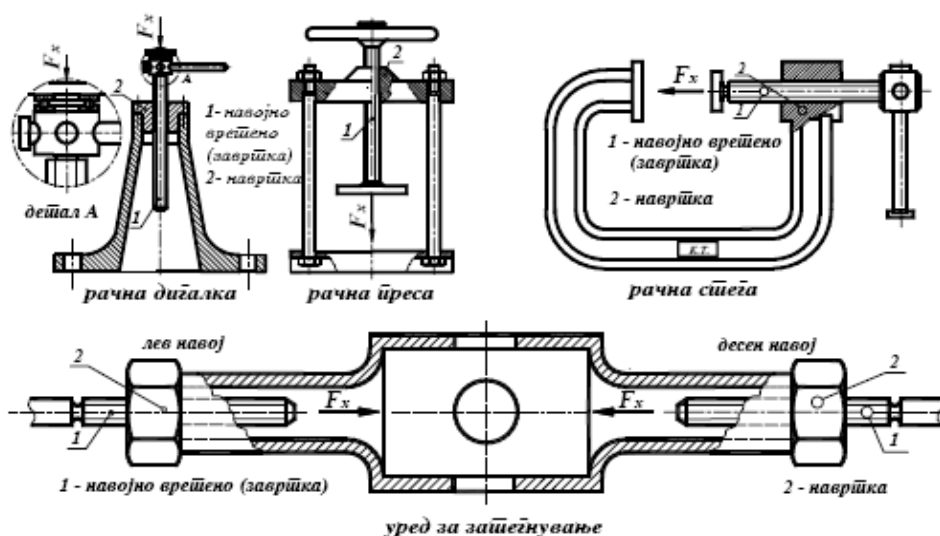
Основна функција на навојниот пар е пренесување на аксијалната сила од надворешниот (завртка) на внатрешниот навој (навртка) или обратно.

Навојните парови можат да бидат подвижни и неподвижни.

- Подвижни навојни парови (навојни преносници) служат за пренесување сила со движење на едниот во однос на другиот дел при што вртежниот момент го претвараат во аксијална сила или обратно.
- Неподвижните навојни парови (навојни врски) служат за пренесување сила од завртката на навртката или обратно, без релативно движење на завртката во однос на навртката или обратно во текот на работата.

*Навојните преносници* служат за претворање на вртливото движење во транслаторно и обратно, т.е. за претворање на вртежниот момент во аксијална сила и обратно. Ваквата задача навојниот преносник ја остварува со помош на навојно вретено - дел со надворешен навој (завртка) и навртка

- дел со внатрешен навој. Навојниот преносник е подвижна навојна врска, бидејќи во текот на работата едниот елемент (*завртката или навртката*) се движи во однос на другиот елемент под полно работно оптоварување. Во работата на навојниот преносник се овозможува постигнување голема вредност на аксијалната сила со помош на мала вредност на вртежниот момент. Ваквата особеност на навојните преносници наоѓа примена при конструкцијата на рачни дигалки, рачни преси, рачни стеги, уреди за затегнување, менгемиња, извлекувачи и др. Се одликуваат со проста конструкција, а постигнуваат голема носивост при мали габаритни димензии.



Сл..116. Навојни преносници

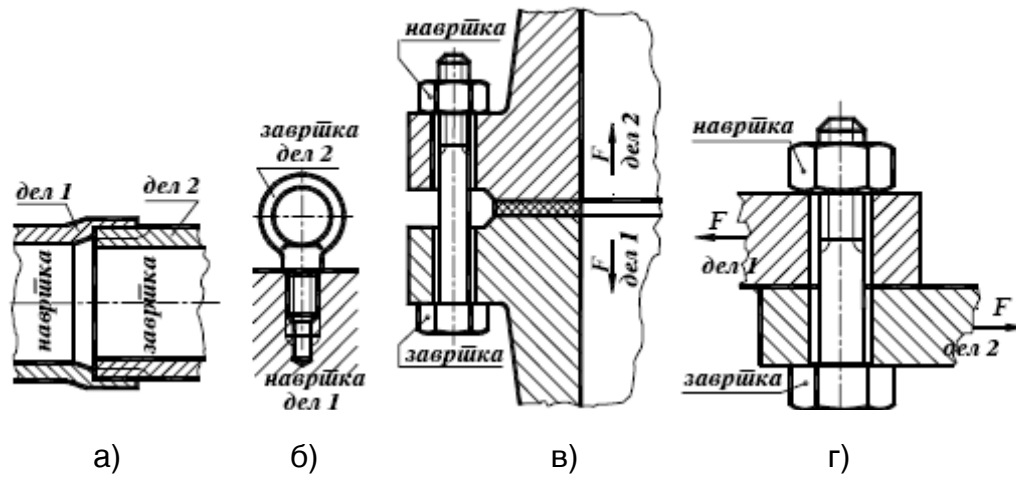
*Навојните врски* се раздвојливи врски на машински делови кои се остваруваат со помош на навој. Врската е лесно остварлива, а кога е тоа потребно, нејзините делови лесно се раздвојуваат, без никакво оштетување.

Навојните врски можат да бидат непосредни, посредни и посебни.

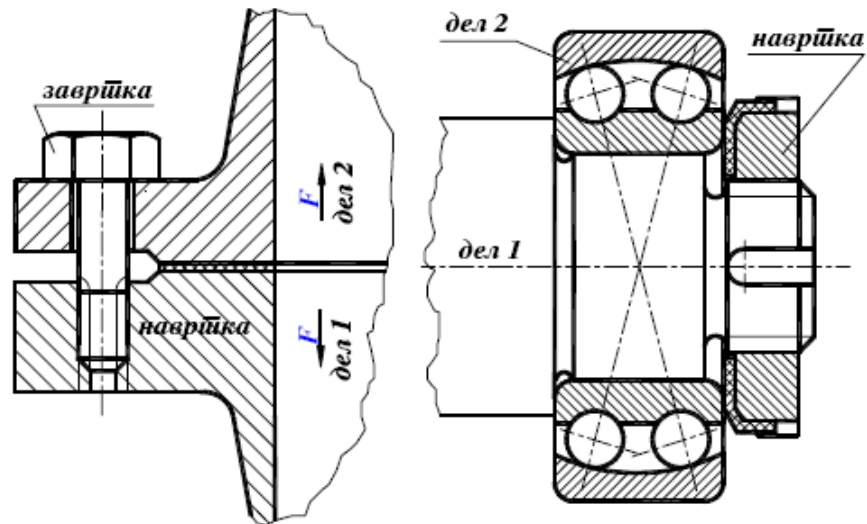
- *Непосредните* навојни врски се остваруваат со надворешен навој (завртка) на едниот и внатрешен (навртка), на другиот машински дел. Се употребуваат при врзување на цевки, затворачи и др.
- *Посредните* навојни врски на два машински делови се остваруваат со помош на завртки и навртки, поради што се нарекуваат уште и

врски со завртки. Тука спаѓаат врската на две цевки со прирабници, врските на разните плочи и стапови.

- *Посебните* навојни врски се преодни решенија каде што улогата на навртката односно завртката ја презема едниот од елементите.



Сл.117. Непосредни (а и б) и посредни (в и г) навојни врски

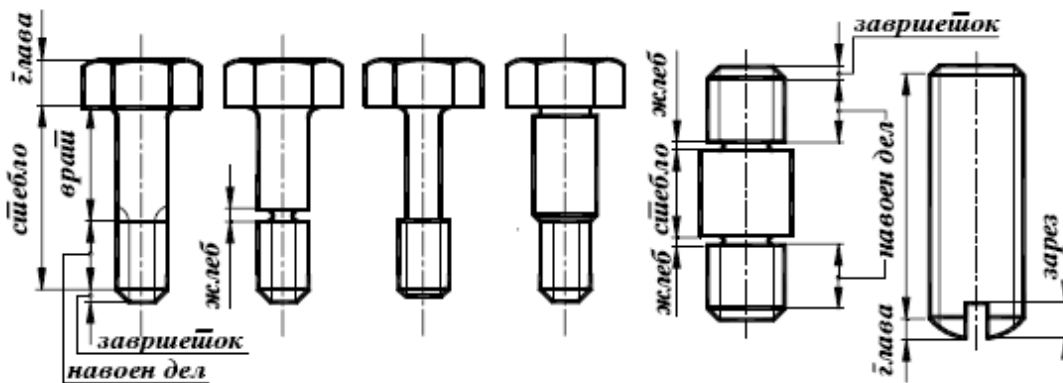


Сл.118. Посебни навојни врски

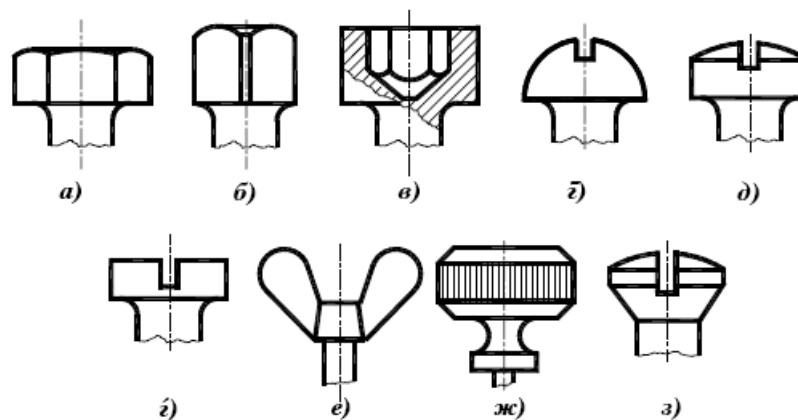
### 3.4.1.3. Завртки, навртки и придружни елементи на навојната врска

Завртката и навртката претставуваат пар машински делови поврзани со навоен спој. На ваквиот спој најчесто му припаѓа и нормалната подложна плочка (подлошка).

- *Завртка* е елементот на навојниот пар кој има нарежан надворешен навој. Завртката се состои од глава и стебло, а стеблото се состои од врат и навоен дел на завртката.

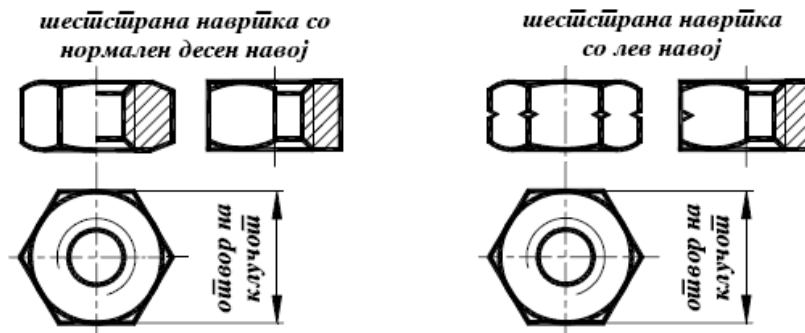


Сл.119. Елементи кај некои стандардни облици на завртки

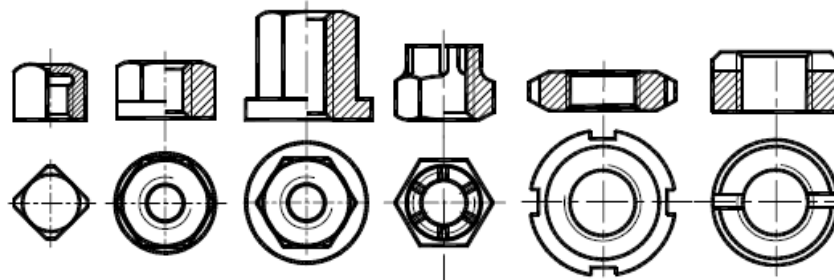


Сл.120. Стандардни облици глави за завртки

- *Навртка* е елементот на навојниот пар кој има нарежан внатрешен навој. Обликот на навртката е дефиниран со обликот на нејзините бокови.

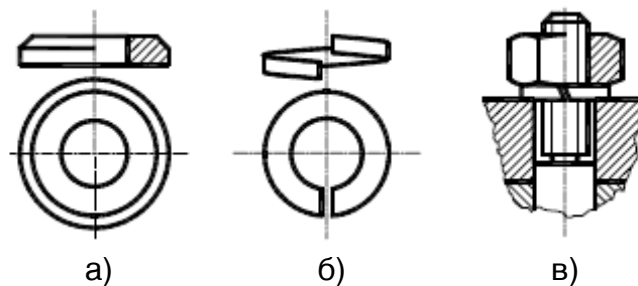


Сл.121. Шестстрана навртка со десен и лев навој



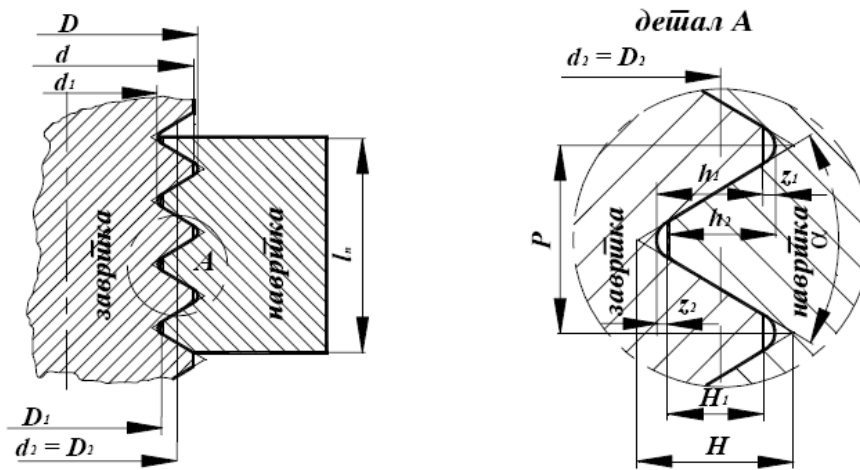
Сл.122. Неколку видови стандардни навртки

- **Подложна плочка (подлошка)** - има улога да ја намали опасноста од контактните деформации на подлогата или кога навојната врска е изложена на удари, потреси или променливи аксијални сили и да ја обезбеди врска од одвртување (еластична подлошка).



Сл.123. Нормална и еластична подлошка поединечно (а и б) и еластична подлошка во склоп (в)

Основните елементи и големини на навојниот пар дадени се на сл. 124.



Сл.124. Елементи и големини на навојниот пар

$d$  – номинален (најголем, надворешен) пречник на завртката

$D$  - номинален (најголем, внатрешен) пречник на навртката

$d_1$  – пречник на јадрото на завртката (најмал)

$D_1$  – најмал (надворешен) пречник на навртката

$d_2 = D_2$  – среден пречник на навојниот пар

$P$  - чекор на навојниот пар

$\varphi$  - агол на наклонот на навојот на пречник  $d_2 = D_2$

$\alpha$  - агол на врвот на профилот на навојот

$H$  – теоретска длабочина на навојниот пар

$H_1$  – длабочина на носење на навојниот пар

$h_1$  – длабочина на навојот од завртката

$h_2$  – длабочина на навојот од навртката

$A_1$  – површина на пресекот на јадрото од завртката

- вредноста на длабочината на носење на навојниот пар е:  $H_1 = \frac{d - D_1}{2}$

- површината на попречниот пресек на јадрото од завртката:  $A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}$

- зјајот на врвот од профилот на завртката е:  $z_1 = \frac{D - d}{2}$



- зјајот на врвот од профилот на навртката :  $z_2 = \frac{D_1 - d_1}{2}$

-должината на носење на навојниот пар  $l_n$  претставува аксијално растојание на крајните точки помеѓу кои постои допир на боковите од навојот на завртката и навојот на навртката и изнесува:

$$l_n = z_n P, \text{ каде:}$$

$z_n$  е бројот навои на вкупната должина на носење на навојниот пар.

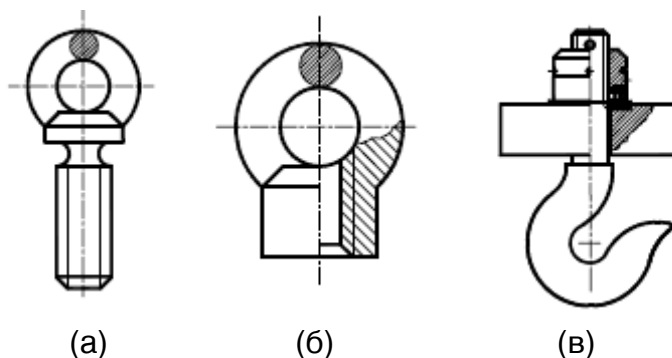
Во зависност од начинот на оптоварувањето, се разликуваат надолжно и попречно оптоварени навојни врски.

1. *Надолжните сили* го оптоваруваат пресекот на јадрото на завртката (пречник  $d_1$ ) на затегнување (екстензија).

Во зависност од природата на надолжната сила што ја оптоварува завртката (статичка или динамичка), се делат на:

- навојни врски без претходно притегнување (I група)

Кај оваа група навојни врски, завртката е изложена на напрегнување од затегнување, без претходно притегнување. Карактеристични примери за оваа група навојни врски (сл.125.) се завртки и навртки со ушка, кои служат за пренесување на машинските делови или конструкции, како и куката кај дигалките.



Сл.125. Навојни врски без претходно притегнување: (а) - завртки и (б) – навртки со ушка; (в) – кука кај дигалка

Во овој случај завртките се пресметуваат по следниве равенки:

$$A_1 = \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} = \frac{F}{\sigma_{dz}} \text{ [mm}^2\text{]}, \text{ каде што:}$$

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4F}{\sigma_{dz} \cdot \pi}}$$

$A_1$  [mm<sup>2</sup>] – површина на пресекот на најмалиот пречник на завртката

$d_1$  [mm] – пречник на јадрото на завртката

$F$  [N] – надолжна (аксијална) сила

$$\sigma_{dz} = \xi_1 \cdot \sigma_{dz0} \text{ [N/mm}^2\text{]}, \text{ каде што:}$$

$\sigma_{dz}$  [N/mm<sup>2</sup>] – дозволено напрегнување од затегување

$\sigma_{dz0}$  [N/mm<sup>2</sup>] – табеларна вредност на дозволеното напрегнување од затегнување

$\xi_1$  – фактор за квалитетот на изработка

$\xi_1 = 0,9$  – за прецизна изработка

$\xi_1 = 0,8$  – за просечно добра изработка

$\xi_1 = 0,7$  – за рачна изработка

Со вака пресметаниот минимален потребен пречник на јадрото на завртката, од Таб.7, се избира оној метрички (милиметарски) навој, чиј пречник на јадрото од навојот има најблиска поголема вредност од пресметаната. Треба да се напомене дека пречникот на вратот на завртката не смее да биде помал од пресметаниот пречник на нејзиното јадро, бидејќи работниот напон на затегнување во тој пресек ќе биде поголем од дозволената вредност  $\sigma_{dz}$ .

Проверката на површинскиот притисок на навојната врска е по равенката:

$$p = \frac{F}{z \cdot \pi \cdot H_1 \cdot d_2} \leq p_d, \text{ каде што:}$$

$p$  [N/mm<sup>2</sup>] – површински притисок

$$p_d = \xi_1 \cdot p_{d0}$$

$p_d$  [N/mm<sup>2</sup>] – дозволен површински притисок

$p_{d0}$  [N/mm<sup>2</sup>] – табеларна вредност на дозволениот површински притисок

$z$  – број на активни навои

$d_2$  [mm] – среден пречник на навојниот пар

$H_1$  [mm] – длабочина на носење на навојниот пар

- обични надолжно оптоварени навојни врски (II група)

Кај оваа група навојни врски, завртките се изложени на постојани или малку променливи еднонасочни оптоварувања. што не бараат посебно пропишана вредност на силата на притегнување. Тука спаѓаат најголем број надолжно оптоварени навојни врски како капаци на лежишта и куќишта.

Во овој случај завртките се пресметуваат по следниве равенки:

$$A_1 = \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} = \frac{F}{\sigma_{dz}} \text{ [mm}^2\text{]}, \text{ каде што:}$$

$A_1$  [mm<sup>2</sup>] – површина на пресекот на најмалиот пречник на завртката

$d_1$  [mm] – пречник на јадрото на завртката

$F$  [N] – надолжна (аксијална) сила

$$\sigma_{dz} = \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \sigma_{dz0} \text{ [N/mm}^2\text{]}, \text{ каде што:}$$

$\sigma_{dz}$  [N/mm<sup>2</sup>] – дозволено напрегнување од затегување

$\sigma_{dz0}$  [N/mm<sup>2</sup>] – табеларна вредност на дозволеното напрегнување од затегнување

$\xi_1$  – фактор за квалитетот на изработка

$\xi_1 = 0,9$  – за прецизна изработка

$\xi_1 = 0,8$  – за просечно добра изработка

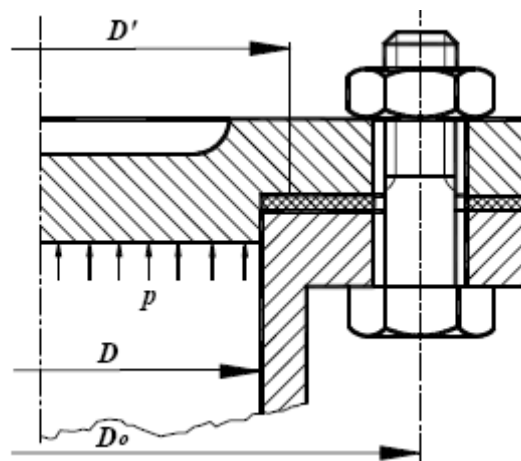
$\xi_1 = 0,7$  – за рачна изработка

$\xi = 0,76$  до  $0,85$  - фактор за сложено напрегнување

Поради недефинираната вредност на силата на претходното притегнување, а и поради занемарувањето на напонот од усукување, степенот на сигурноста е малку поголем. Поголемите вредности за меродавната сила за пресметката и за степенот на сигурноста се усвојуваат за навојните врски со помали номинални пречници, бидејќи тие се позагрозени од неконтролираното притегнување на врската.

- одговорни надолжно оптоварени навојни врски (III група)

Кај оваа група навојни врски, завртките се изложени на затегнување и усукување при што надолжната сила не е однапред точно дефинирана. Во оваа група спаѓаат врските кои служат за поврзување на капаците од садовите под притисок (сл.126), врските со прирабници кај цевкините водови, врските на главата со блокот од моторите со внатрешно согорување или клипните компресори, врските со завртки кај клиповите др.



Сл.126. Одговорни надолжно оптоварени навојни врски

Ваквите навојни врски се изложени на периодично променливи оптоварувања. Заради намалување на променливиот дел на силата во завртката како и за обезбедување на херметичност на врската, од нив се бара одржување на определена минимална вредност на силата на притисок на допирните површини на плочите во текот на работата.

При пресметувањето најпрво се врши избор на бројот на завртките по следнава равенка:

$$z = \frac{\pi \cdot D_0}{e}, \text{ каде што:}$$

z- број на завртки

$$e \leq 120 \text{ [mm]} = e_{\max}$$

e [mm] - лачно растојание помеѓу завртките, неопходно заради постигнување на херметичност на врската.

Приближната вредност на работната сила во една од завртките се пресметува според равенката:

$$Fr = \frac{\pi \cdot D'^2}{4z} p \text{ [N]}, \text{ каде што:}$$

$$D' = \xi'(D_0 - D) + D \text{ [mm]}$$

D' [mm] – зголемен пречник (дијаметар) поради продор на притисокот

$\xi' = 0,2$  до  $0,3$  – коефициент на зголемување на пречникот

p [N/mm<sup>2</sup>] – работен притисок.

Пречникот на јадрото на завртката се пресметува по следнава равенка:

$$d_1 = \xi \sqrt{Fr_1} + 5 \text{ [mm]}, \text{ каде што:}$$

$\xi$  - фактор на изработка, и тоа:

$\xi = 0,4$  - за прецизна изработка

$\xi = 0,45$  – за просечна зработка

$\xi = 0,5$  – за недоволно прецизна (груба) изработка на навојот и навојната врска.

Се избира стандардна завртка со вредност на пречникот од јадрото на завртката најблиска до претходно пресметаната, а потоа се врши контрола и се црта деформациониот дијаграм на навојната врска.

Проверка на напругувањето од затегнување се прави по следнава равенка:

$$\sigma_z = \frac{4F_r}{\pi \cdot d_1^2} \geq \sigma_{dz} \text{ [N/mm}^2\text{]}, \text{ каде што:}$$

$$\sigma_{dz} = \xi_1 \xi_3 \sigma_{dzo} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$\xi_1$  – фактор на квалитет на изработка (како за навојните врски од I и II група)

$\xi_3$  – фактор кој зависи од температурата

$\sigma_{dzo}$  [N/mm<sup>2</sup>] – табеларна вредност на напрегнувањето од затегнување

Проверка на површинскиот притисок се врши по следнава равенка:

$$p = \frac{5,88 \cdot F_0}{d_2 \cdot H} \geq p_d, \text{ каде што:}$$

$F_0 = (2 \text{ до } 3) Fr_1$  [N] – сила на претходно затегнување

$d_2$  [mm] – среден пречник на навојниот пар

$H$  [mm] – теоретска длабочина на навојниот пар

$$Pd = \xi_1 \cdot p_{d0} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$p_d$  [N/mm<sup>2</sup>] – дозволена вредност на површинскиот притисок

$\xi_1$  – фактор на квалитет на изработка

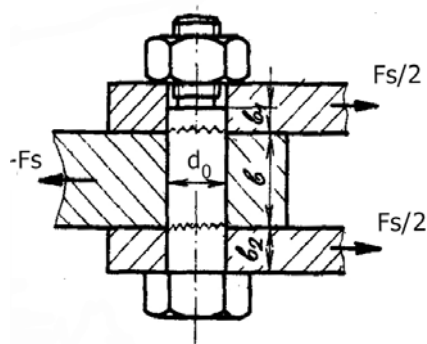
$p_{d0}$  [N/mm<sup>2</sup>] – табеларна вредност на дозволеното напрегнување од површински притисок

2. Попречните сили го оптоваруваат пресекот на стеблото на завртката (пречник **ds**) на смолкнување (секција) за подесените или на затегнување (екстензија) на јадрото од завртката (пречник **d<sub>1</sub>**), за неподесените навојни врски.

Зависно од начинот на дејството, се разликуваат две групи:

- навојни врски со подесени завртки (**IV** група)

Во оваа група навојни врски (сл.127), завртката е подесена со отворот и попречната сила се пренесува преку завртката изложувајќи ја на напрегнување од смолкнување и површински притисок, при што претходното притегнување на завртката е незначително.



Сл.127. Попречно оптоварена навојна врска со подесена завртка

Пресекот на стеблото на завртката се пресметува по равенката:

$$A_1 = \frac{F_{s1}}{x \cdot \tau_{ds}} \text{ [mm}^2\text{]}, \text{ каде што:}$$

$F_{s1}$  [N] – сила на смолкнување на една завртка

$x$  - број на пресеци изложени на смолкнување на една завртка

$\tau_{ds}$  [N/mm<sup>2</sup>] – дозволено напрегнување на смолкнување.

Проверка на површинскиот притисок се прави според равенката:

$$p = \frac{F_{s1}}{d_s \cdot b} \leq p_d, \text{ каде што:}$$

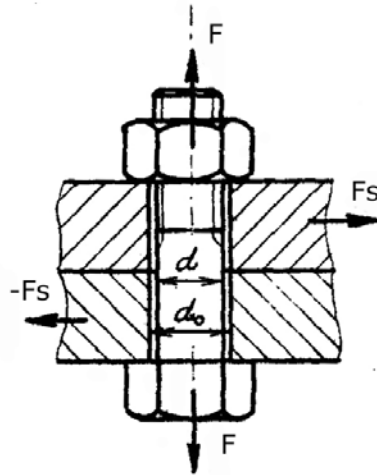
$F_{s1}$  [N] – сила на смолкнување на една завртка

$b$  [mm] – најмала вкупна активна ширина, оптоварена со сила на смолкнување во една насока, каде што:  $b = b_1 + b_2$

$p_d$  [N/mm<sup>2</sup>] – дозволено напрегнување од површински притисок

- неподесени попречно оптоварени навојни врски (**V** група)

Врските од оваа група го добиле името затоа што пречникот на стеблото од завртките  $d$  е помал од пречникот на отворите во плочите  $d_0$  така што помеѓу телото на завртката и отворот во плочите постои зјај (сл.128).



Сл.128. Неподесена попречно оптоварена навојна врска

За пренесување на попречните сили потребно е претходно притегнување на завртките. Попречните сили се пренесуваат преку триење на плочите и не ја оптоваруваат завртката на напрегнување од смолкнување.

Потребната сила на претходното притегнување се пресметува по равенката:

$$F_1 = \frac{F_{s1}}{\mu} \text{ [N]}, \text{ каде што:}$$

$\mu = 0,1 \div 0,2$  - коефициент на триење

$$F_{s1} = \frac{F_s}{z} \text{ [N]},$$

$F_{s1}$  [N] - попречна сила што оптоварува една завртка (тангенцијална или периферна сила)

$z$  - број на завртки

Пресекот на јадрото на завртката се пресметува по равенката:

$$A_1 \geq \frac{F}{\sigma_{dz}} \text{ [mm}^2\text{]}, \text{ каде што:}$$

$$\sigma_{dz} = \xi_1 \cdot \sigma_{dz0} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$\sigma_{dz}$  [N/mm<sup>2</sup>] – дозволено напрегање од затегнување, каде:

$\sigma_{dz0}$  [N/mm<sup>2</sup>] – табеларна вредност на дозволеното напрегнување од затегнување



$\xi_1$  – фактор на квалитет на изработка, каде:

$\xi_1=0,9$  – за прецизна изработка

$\xi_1=0,8$  – за просечно добра изработка

$\xi_1=0,7$  – за рачна или површна изработка.

Проверка на површинскиот притисок на навојот е по равенката:

$$p = \frac{F}{z \cdot \pi \cdot H_1 \cdot d_2} \leq p_d, \text{ каде што:}$$

$p_d = \xi_1 p_{d0}$  – дозволен површински притисок

$p_{d0}$  [N/mm<sup>2</sup>] – табеларна вредност на дозволения површински притисок

$z$  – број на активни навојки

$d_2$  [mm] – среден пречник на навојниот пар

$H_1$  [mm] – длабочина на носење на навојниот пар

Бројот на активни навои се пресметува по равенката:

$$z = \frac{\xi_1 d_n}{p}$$

#### 3.4.1.4. Видови навои

Обликот на навојот може да биде најразличен, во зависност од обликот на површината што врши навојно движење. Со стандардизацијата бројот на облиците на навојот е ограничен, така што во општото машинство најчесто се среќаваат: метричкиот (милиметарски), витвортовиот (whitvortx) – цевкин, трапезниот и облиот навој.

*Метричкиот (милиметарски) навој* има најширока примена во машинството при конструирање на неподвижните навојни врски.

Според големината на чекорот, за ист пречник постојат нормален и четиристепен фин навој, при што нормалниот има најкрупен, а финиот од четвртиот степен најситен чекор **P**.

Во Таб.11. дадени се основните големини за нормален метрички навој за номинален пречник  $d=1-64$  mm.

Таб.11. Метрички навој за  $d = 1 - 64$  mm.

$dn=d$	$D_1$ [mm]	$A_1$ [mm <sup>2</sup> ]	$d_2$ [mm]	$P$ [mm]	$H_1$ [mm]
1	0,693	0,378	0,838	0,25	0,135
1,2	0,893	0,628	1,038	0,25	0,135
1,6	1,171	1,08	1,373	0,35	0,189
2	1,509	1,79	1,74	0,4	0,217
2,5	1,948	2,98	2,208	0,45	0,244
3	2,387	4,47	2,675	0,5	0,271
4	3,141	7,75	3,545	0,7	0,379
5	4,019	12,7	4,480	0,8	0,433
6	4,773	17,9	5,350	1	0,541
8	6,466	32,8	7,188	1,25	0,677
10	8,160	52,3	9,026	1,5	0,812
12	9,853	76,2	10,863	1,75	0,947
16	13,546	144	14,701	2	1,083
20	16,933	225	18,376	2,5	1,353
24	20,320	324	22,051	3	1,353
30	25,709	519	27,727	3,5	1,894
36	31,093	759	33,402	4	2,165
42	36,479	1045	39,077	4,5	2,165
48	41,866	1375	44,752	5	2,706
56	49,253	1905	52,428	5,5	3,374
64	56,639	2519	60,103	6	3,237

Метричкиот (милиметарски) навој со крупен чекор се означува со симболот **M** и со вредноста на номиналниот пречник на навојот **d**, додека оној со фин навој во својата ознака ја содржи уште и вредноста на чекорот. Така на пример за метричкиот навој со крупен чекор и со номинален пречник  $dn = d = 16$  mm, се пишува едноставно **M16**, а за истиот со фин навој M16 x 1,75 ; M16 x 1,5 или M16 x 1.

Трапезниот навој по однос на големината на профилот може да биде со крупен, нормален и фин чекор. Во Таб.12, дадени се основните големини за нормален трапезен навој.

Таб.12. Трапезен навој со нормален профил

$dn=d$	$D_1$ [mm]	$A_1$ [mm <sup>2</sup> ]	$d_2$ [mm]	$P$ [mm]	$H_1$ [mm]
10	6,5	33	8,5	3	1,25
12	8,5	53	10,5	3	1,25
14	9,5	71	12	4	1,75
16	11,5	104	14	4	1,75
18	13,5	143	16	4	1,75
20	15,5	489	18	4	1,75
22	16,5	214	19,5	5	2
24	18,5	269	21,5	5	2
26	20,5	330	23,5	5	2
28	22,5	398	25,5	5	2
30	23,5	434	27	6	2,5
32	25,5	511	29	6	2,5
36	29,5	683	35	6	2,5
40	32,5	830	36,5	7	3
44	36,5	1046	40,5	7	3
48	39,5	1225	44	8	3,5
50	41,5	1353	46	8	3,5
52	43,5	1486	48	8	3,5
55	45,5	1626	50,5	9	4
60	50,5	2003	55,5	9	4
65	54,5	2333	60	10	4,5
70	59,5	2781	65	10	4,5
75	64,5	3267	70	10	4,5
80	69,5	3794	75	10	4,5
85	72,5	4128	79	12	5,5
90	77,5	4717	84	12	5,5

Облиот навој може да биде со или без аксијален зјај. Во Таб.13. дадени се основните големини за обла завојница без аксијален зјај.

Таб.13. Обла завојница без аксијален зјај

<b>dn=d</b>	<b>D<sub>1</sub> [mm]</b>	<b>A<sub>1</sub> [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>d<sub>2</sub> [mm]</b>	<b>P [mm]</b>	<b>H<sub>1</sub> [mm]</b>
8	5,460	23,4	6,730	2,540	0,212
9	6,460	32,8	7,730	2,540	0,212
10	7,460	43,7	8,730	2,540	0,212
11	8,460	56,2	9,730	2,540	0,212
12	9,460	70,3	10,730	2,540	0,212
14	10,825	92	12,412	3,175	0,265
16	12,825	129	14,412	3,175	0,265
18	14,825	172	16,412	3,175	0,265
20	16,825	222	18,412	3,175	0,265
22	18,825	278	20,412	3,175	0,265
24	20,825	340	22,412	3,175	0,265
26	22,825	409	24,412	3,175	0,265
28	24,825	484	26,412	3,175	0,265
30	26,825	565	28,412	3,175	0,265
32	28,825	652	30,412	3,175	0,265
36	32,825	846	34,412	3,175	0,265
40	35,767	1005	37,883	4,233	0,353
44	39,767	1242	41,883	4,233	0,353
48	43,767	1505	45,883	4,233	0,353
52	47,767	1792	49,883	4,233	0,353
55	50,767	2024	52,883	4,233	0,353
60	55,767	2443	57,883	4,233	0,353
65	60,767	2900	62,883	4,233	0,353
70	65,767	3397	67,883	4,233	0,353
75	70,767	3933	72,883	4,233	0,353
80	75,767	4509	77,883	4,233	0,353

Витвортовиот навој по однос на големината на профилот може да биде со проста, фина и цевкина навојница.

Во Таб.14, дадени се основните големини на витвортовиот цевкин навој.

Таб.14. Витвортов цевкин навој

<b>dn=d</b>	<b>D<sub>1</sub> [mm]</b>	<b>d<sub>1</sub> [mm]</b>	<b>d<sub>2</sub> [mm]</b>	<b>P [mm]</b>	<b>H<sub>1</sub> [mm]</b>
R 1/8	9,728	8,566	9,147	0,907	0,581
R 1/4	13,157	11,445	12,301	1,337	0,586
R 3/8	16,662	14,950	15,806	1,337	0,586
R 1/2	20,955	18,631	19,793	1,814	1,162
R 5/8	22,911	20,587	21,749	1,814	1,162
R 3/4	26,441	24,117	25,279	1,814	1,162
R 7/8	30,201	27,877	29,039	1,814	1,162
R 1	33,249	30,291	31,770	2,309	1,479
R 1 1/8	37,897	34,939	36,418	2,309	1,479
R 1 1/4	41,910	38,952	40,431	2,309	1,479
R 1 3/8	44,323	41,365	42,844	2,309	1,479
R 1 1/2	47,803	44,845	46,324	2,309	1,479
R 1 3/4	53,746	50,788	52,267	2,309	1,479
R 2	59,614	56,656	58,135	2,309	1,479
R 2 1/4	65,710	62,752	64,231	2,309	1,479
R 2 1/2	75,184	72,184	73,705	2,309	1,479
R 2 3/4	81,534	78,576	80,055	2,309	1,479
R 3	87,884	84,926	86,405	2,309	1,479
R 3 1/4	93,980	91,002	92,501	2,309	1,479
R 3 1/2	100,330	97,372	98,851	2,309	1,479
R 3 3/4	106,680	103,722	105,201	2,309	1,479
R 4	113,030	110,072	111,551	2,309	1,479
R 4 1/2	125,730	122,722	124,251	2,309	1,479
R 5	138,430	135,472	136,951	2,309	1,479
R 5 1/2	151,130	148,172	149,651	2,309	1,479
R 6	163,830	160,872	162,351	2,309	1,479

Изборот на видот и големината на профилот на навоите се врши според бараните особини на навојната врска. Потребно е врска да не се одвртува сама под дејство на оптоварувањето, да има добар степен на искористување и да е погодна за работа во тешки услови.

Метричкиот навој има најширока примена и се применува за цврсти врски. Витвортовиот цевкин навој се применува за цевкини и слични други врски, каде што дебелината на сидовите е мала.

Трапезниот навој се употребува за преносници, за вретена на дигалки и преси, затоа што овозможува да се постигне поголем чекор и поголем степен на искористување. За цврсти врски трапезниот навој се применува кога се работи за завртки кои имаат голем напречен пресек и се подложни на големи оптоварувања или кога треба врската често да се раздвојува.

Облиот навој се употребува за делови изложени на нечистотии, прав, песок или слично. Отпорен е на оштетување и лесно се чисти бидејќи нема остри агли.

Витвортовиот цевкин навој се означува со буквата **P** и номиналниот (внатрешен) пречник на цевката.

#### 3.4.1.5. Материјал за елементите на навојната врска

Основен материјал за елементите на навојните врски е челикот, а по-ретко предвид може да дојдат и други материјали како месинг, бакар, алуминиум, па и неметалите како стакло, пластмаси, дрво и др.

Завртки кои работат на високи температури се изработуваат од челици отпорни на високи температури и челици кои се отпорни на корозија. Легурите од алуминиум се употребуваат за слабо оптоварени завртки, кога се бара отпорност на корозија и лесна конструкција. Навртките најчесто се изработуваат од истиот материјал како и завртките, а понекогаш материјалот за навртки може да биде и помалку отпорен од материјалот за завртки, бидејќи при оштетување навртката може многу лесно и едноставно да се замени со нова.

Квалитетот на материјалот за завртки се означува со две бројки. Првата бројка помножена со **100** ја дава минималната јачина на кинење  $\sigma_{mz}$  [ $N/mm^2$ ], додека втората бројка помножена со **100** го одредува процентуалниот однос на границата на развлекување и јачината на кинење. Квалитетот на материјалот за навртки се означува со една бројка, која помножена со **100** ја дава минималната јачина на кинење на материјалот.

Според потребите, навојните елементи се заштитуваат од можната корозија и од другите непожелни хемиски влијанија со помош на разни превлеки како што се поцинкување, никлување, хромирање и др.

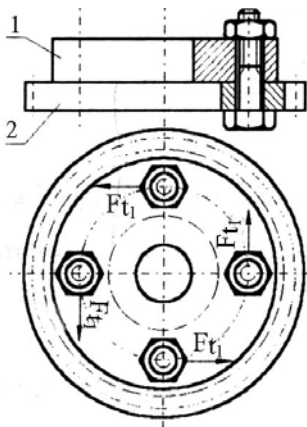
## Пример. бр.3.

На сликата, прикажаната главнина 1 со  $z=4$  неподесени метрички завртки со материјал 4.8 и просечно добра изработка, со дијаметар  $D_0$  е поврзана со назабениот венец 2. На пречникот каде што се распоредени завртките на врската делува периферна сила  $F_t=4 \cdot 10^3$  N.

Материјалот на главнината 1 и назабениот венец 2 е топен челик.

Потребно е да се изврши:

- а) димензионирање за II случај на оптоварување и проверка на напрегнувањата во навојната врска.



- б) Пресметка на максималната вредност на попречната (тангенцијална) сила што може да ја оптовари навојната врска во случај на подесени метрички завртки M4.

Решение:

- а) Вкупната вредност на периферната сила ја примаат сите  $z=4$  завртки, така што вредноста на попречната сила што отпаѓа на една неподесена завртка е:

$$F_{s1} = \frac{F_t}{z} = \frac{4 \cdot 10^3}{4} = 1 \cdot 10^3 \text{ [N]}$$

Вредноста на потребната сила на претходно притегнување во една завртка ќе биде:

$$F_1 = \frac{F_{s1}}{\mu} = \frac{1 \cdot 10^3}{0,15} \approx 6,67 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Потребната површина на пресекот на јадрото на една завртка е:

$$A_1 \geq \frac{F_1}{\sigma_{dz}}, \quad \sigma_{dz} = \xi_1 \sigma_{dzo}$$

$\sigma_{dzo}$  го одредуваме преку  $\sigma_{mz} = 4 \cdot 100 = 400$  [N/mm<sup>2</sup>] за топен челик за II случај на оптоварување  $\sigma_{dzo} = 70$  N/mm<sup>2</sup>

$$\sigma_{dz} = 0,8 \cdot 70 = 56$$
 [N/mm<sup>2</sup>]

$$A_1 \geq \frac{F_1}{\sigma_{dz}} = \frac{6,67 \cdot 10^3}{56} \approx 119 \text{ mm}^2$$

Од табелата за метричка навојница се избираат 4 завртки со метрички навој M16 со:

$$A_1 = 144 \text{ mm}^2 > 119 \text{ mm}^2$$

$$d_n = 16 \text{ mm} = d$$

$$d_2 = 14,701 \text{ mm}$$

$$p = 2 \text{ mm}, \text{ и } H_1 = 1,083 \text{ mm}$$

Проверка на напрегнувањата во навојната врска:

-вредноста на напрегнувањето на затегнување во јадрото на завртката

$$\text{изнесува: } \sigma_z = \frac{F_1}{A_1} = \frac{6,67 \cdot 10^3}{144} = 46,32$$
 [N/mm<sup>2</sup>] < 56 [N/mm<sup>2</sup>] =  $\sigma_{dz}$  што значи

дека завртките се добро димензионирани;

Вредноста на површинскиот притисок на навоите од навртката е:

$$p = \frac{F_1}{z \pi H_1 d_2} \text{ и } z = \frac{\ln}{p} = \frac{\xi_1 d_n}{p} = \frac{0,8 \cdot 16}{2} = 6,4$$
 активни навојки

$$p = \frac{6,67}{6,4 \cdot 3,14 \cdot 1,083 \cdot 14,701} \approx 20,84$$
 [N/mm<sup>2</sup>]

$$p_d = \xi_1 p_{do} = 0,8 \cdot 61,5 = 49,2$$
 N/mm<sup>2</sup>

$$p = 20,84 < p_d = 49,2$$
 N/mm<sup>2</sup>



Навојната врска е добро димензионирана бидејќи и двете контроли на напрегнувањата задоволуваат.

б) Бидејќи се работи за подесени завртки, пречникот на стеблото од завртката треба да биде поголем од номиналниот пречник на навојот.

$$d_s = d + (1 \text{ до } 2) \text{ mm}$$

$$d_s = 4 + 1,5 = 5,5 \text{ mm}$$

Површината на попречниот пресек на стеблото на завртката е:

$$A_s = \frac{\pi d_s^2}{4} = \frac{\pi \cdot 5,5^2}{4} = 23,7 \text{ mm}^2$$

Потребната вредност на попречната сила што ја прима една завртка е:

$$F_{s1} = A_s \cdot \tau_{ds} = 23,7 \cdot 56 = 1327 \text{ N, при што:}$$

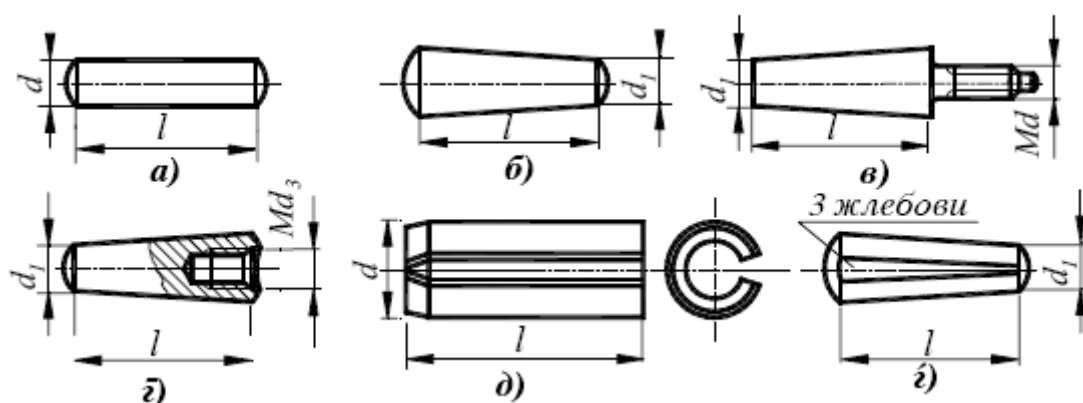
$x=1$  – број на пресеци изложени на смолкнување (две плочи),

$\tau_{ds} = 48 \text{ до } 64 \text{ N/mm}^2$  – дозволено напрегнување на смолкнување за материјалот на завртките 4.8 со  $\sigma_{mz} = 4 \cdot 100 = 400 \text{ N/mm}^2$

Вредноста на вкупната попречна (тангенцијална) сила што може да ја прими навојната врска изнесува:  $F_s = F_t = z \cdot F_{s1} = 4 \cdot 1327 = 5308,8 \text{ N}$

### 3.5. ЧИВИИ

Чивиите се машински елементи кои служат за поврзување на разни тркала (запченици, ременици, фрикции тркала и др.) со вратилата. Често се употребуваат и за прецизно фиксирање на меѓусебната положба на два дела, особено кај алатните машини. Можат да бидат цилиндрични и конусни, изработени како крути или еластични. Најчесто се користат за попречни, а понекогаш и за надолжни посредни раздвојливи врски.



Сл.129. Неколку видови крути и еластични чивии

Цилиндрични и конусни чивии во крута и еластична изведба :

- а) цилиндрична крута, б) конусна крута, в) конусна со надворешен навој за извлекување, г) конусна со внатрешен навој за извлекување  
 д) цилиндрична еластична, е) конусна еластична .

Еластичните чивии се изработуваат од челик за пружини, а крутите чивии се изработуваат од општ конструктивен челик.

Чивиите се стандардни елементи чиј пречник обично изнесува  $d = (0,2 \text{ до } 0,25) dv$ , каде што  $dv$  е пречник на вратилото.

Со тоа на конструкторот му преостанува, во зависност од функцијата и намената, најпрвин да го избере типот на чивијата, потоа да го избере пречникот на чивијата според пречникот на вратилото и најпосле да ја избере вредноста на должината на чивијата според конструкцијата односно според должината на деловите што се поврзуваат.

Со тоа конструкцијата е завршена, а останува само да се изврши проверка на напоните во загрозените места на врската.

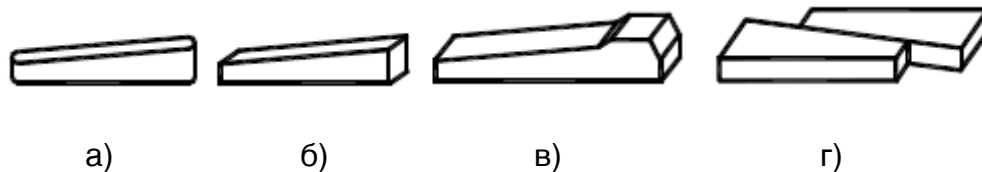
### 3.6. КЛИНОВИ

Клиновите се машински делови со кои во машинството се остварува цврста и раздвојлива врска, најчесто, на вратилата со елементите за пренос на вртежен момент како: ременици, фрикциони тркала, запченици и др. Според формата, клиновите најчесто се во форма на призма, а според функцијата и начинот на дејство на силата тие се попречни и надолжни. Се изработуваат од челични прачки со правоаголен напречен пресек.

Клиновите може да бидат:

1. *Попречни клинови*: имаат полузаоблени страни и четириаголен напречен пресек. Изложени на напрегнувања од површински притисок и смолкнување.

2. *Надолжни клинови* се во масовна употреба, како за мали така и за големи оптоварувања. Може да бидат со и без наклон.

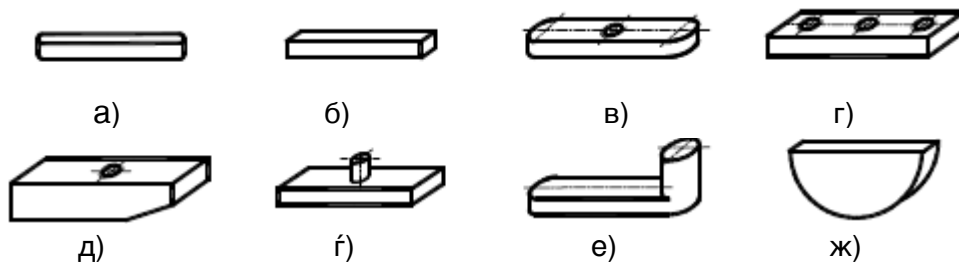


Сл.130. Клинови со наклон: а) со полукружно чело (заоблен)  
б) прост клин в) кукаст клин и г) тангентен клин.

- *Простиот клин со наклон* се употребува кога до клинот може да се пристапи и од предната и од задната страна. Во случај кога пристапот до клинот е можен само од едната страна, тогаш се применува клин со кука, при што избивањето се врши со посебен алат.
- *Заоблениот клин со наклон* се користи во случаите кога нема пристап за поставување на клинот ниту од една страна. Во овој случај жлебот во вратилото има ист заоблен облик како и клинот.

- *Тангентните клинови* се употребуваат за големи тангенцијални сили и променлива насока на вртење. Секогаш се поставуваат по два пара тангентни клинови.
- *Надолжните клинови без наклон* најчесто се применуваат и се за следните цели:
  - да се постави тркалото на точно определено место на вратилото,
  - да се одбегнат деформациите на главината што настануваат поради набивањето на клинот со наклон,
  - да може да се поместува тркалото по должина на вратилото и др.

Се произведуваат како високи и ниски, со рамно или, што е почест облик на употреба, со полукружно чело, од готови светло влечени челични прачки во форма на призма.



Сл.131. Надолжни клинови без наклон: а) со полукружно чело, б) со рамно чело, в) со полукружно чело и навој за завртка за притегнување, г) со рамно чело, два навоја за завртки за притегнување и навој за извлекување, д) со искосување и еден навој за завртка за притегнување, е) со ракавец во средината, е) со ракавец на крајот и ж) сегментен клин.

### 3.7. СПОЈНИЦИ

Спојница е машински склоп или потсклоп кој служи за поврзување на краевите од две вратила од кои едното е погонско а другото работно или, пак, за поврзување на вратилото со некој преносен елемент како запченик, фриксионо тркало, верижник и сл.

Спојниците се составени од два дела. Едниот дел се поставува на крајот од погонското, а другиот на крајот на работното вратило кое уште се нарекува и гонето. Кога двата составни делови на спојницата се поврзани, спојницата е вклучена и овозможува пренос на вртежниот момент, а во спротивно спојницата е исклучена.

Спојниците вршат пренос на вртежниот момент од погонскиот на работниот елемент или, пак, ги раздвојуваат истите доколку дојде до преоптоварување (поголема вредност на вртежниот момент) или до пречекорување на зачестеноста на вртежите (сигурносни спојници). Според начинот на кој го пренесуваат вртежниот момент спојниците се делат на: механички, хидраулични, пневматски и електромагнетни.

Механичките спојници според можноста за вклучување и исклучување во текот на работата може да бидат: постојано вклучени, исклучно-вклучни управувани и автоматски спојници.

Спојниците кои за време на работата се постојано вклучени и се раздвојуваат само за време на застој или потреба за ремонт се нарекуваат *постојано вклучени спојници*.

Постојано вклучени спојници се применуваат за непрекинато пренесување на вртежниот момент во текот на работата.

Зависно од тоа дали нивната конструкција при пренесувањето на вртежниот момент од погонското на работното вратило овозможува делумна или никаква амортизација и пренос на ударите истите се делат на еластични и крути спојници.



Сл.132. Крута спојница

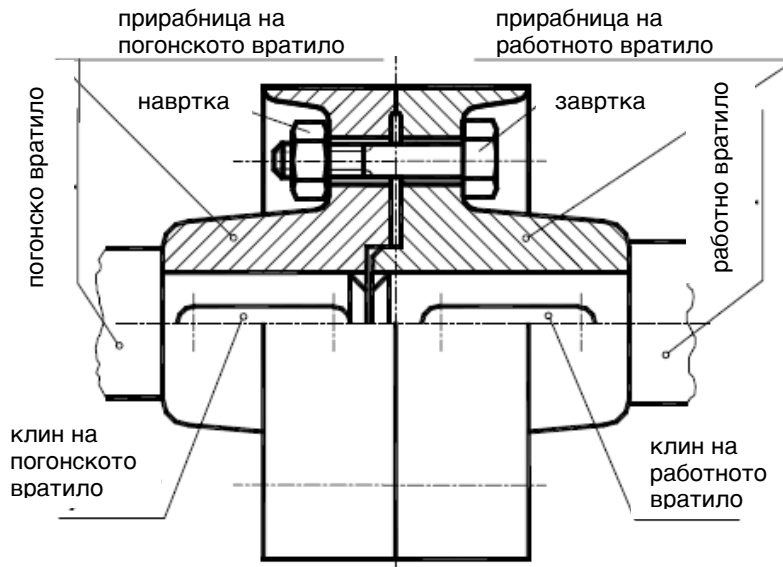
*Крута спојница* - Двете вратила кои се споени со крута спојница претставуваат крута целина. Сите удари и нерамномерности на вртежниот момент кои се случуваат на погонското, директно се пренесуваат и на работното вратило, поради што крутата спојница треба да биде колку што е можно поблиску поставена до лежиштето поради евентуалната ексцентричност на нејзиното тежиште. Геометриските оски на двете вратила треба, колку што е тоа можно, точно да се совпаѓаат, што е тешко изводливо. Раздвојувањето на деловите на таквата спојница често е тешко изводливо и бара многу време. Поради сите овие непогодности, во последно време крутата спојница сè помалку се применува. Од крутите спојници кои сè уште наоѓаат примена се: крута спојница со посебни прирабници, со насад за центрирање и неподесени завртки, крута спојница со посебни прирабници и подесени завртки, крута спојница со дводелен прстен за центрирање и крута спојница со исковани прирабници.

Крутите спојници може да бидат:

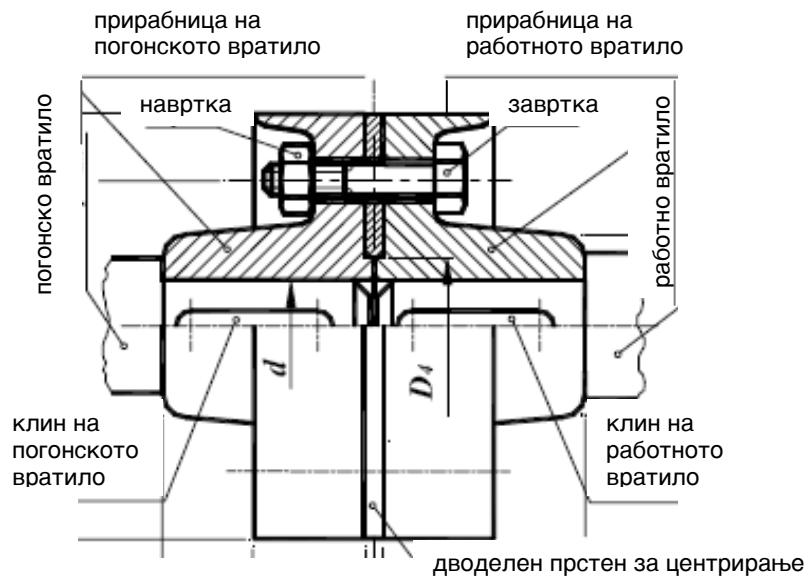
- крути неподвижни спојници кои се користат за поврзување на вратила чии оски се поклопуваат;
- крути компензациони спојници кои се користат за поврзување на вратила чии оски не се поклопуваат.

Крутите неподвижни спојници, моментот на свиткување и моментот на усукување од погонското вратило наполно и без промени ги предава на работното вратило. При тоа сите удари и нерамномерности на вртежниот момент од погонското се пренесуваат на работното вратило. Основен услов за пренесување на вртежниот момент кај овој вид спојници е оските на вратилата да се поклопуваат, односно да бидат центрични. При мало отстапување од центричноста доаѓа до зголемување на центрифугалната сила, која дополнително го оптоварува вратилото. Центрирањето на вратилата може да се изврши со посебен испуст на едниот дел од спојницата или пак со прстен за центрирање.

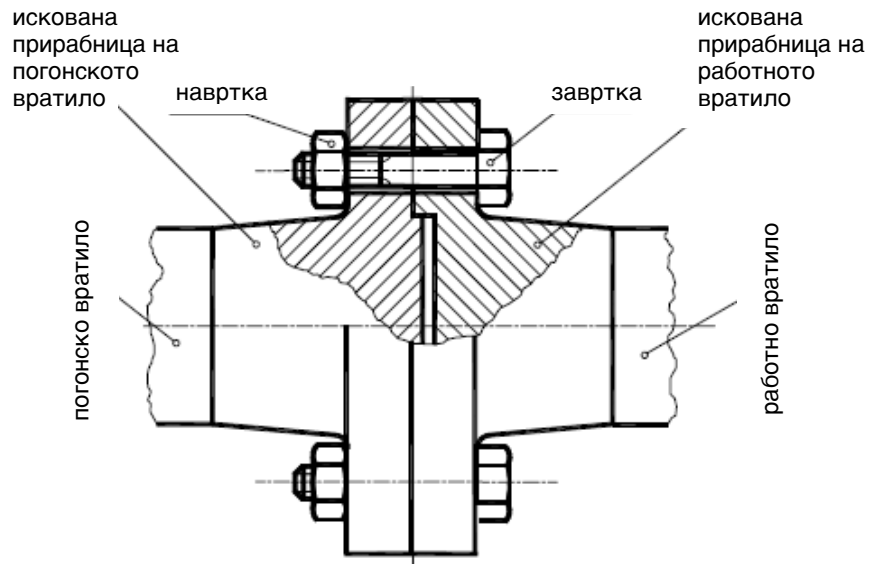
Во оваа група на спојници припаѓа спојницата со прирабница кај која составните делови имаат прирабници меѓусебно споени со завртки. Прирабниците може да бидат изработени одделно или заедно со вратилата, а поради дополнителна сигурност се поставуваат клинови без наклон, за што во деловите на спојницата постојат посебни жлебови.



Сл.133. Крута спојница со посебни прирабници, насад за центрирање и неподесени завртки

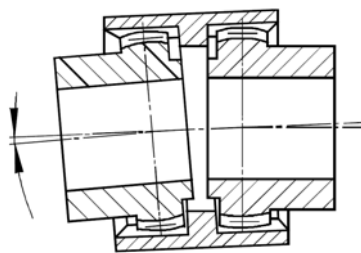


Сл.134. Крута спојница со посебни прирабници, неподесени завртки и дводелен прстен за центрирање



Сл.135. Крута спојница со исковани прирабници

Крути компензациони спојници се користат за поврзување на вратила чии оски не се поклопуваат или за вратила чии оски се поклопуваат, меѓутоа во текот на работата доаѓа до отстапување од центричноста. Отстапувањето може да се јави како последица на грешки при монтажа или поради деформација на вратилата во текот на работата. Притоа, може да се случи аксијално, радијално или комбинирано поместување. Аксијалното поместување најчесто се јавува како последица на ширење на материјалот под дејство на зголемени температури.



Сл.136. Крута компензациона спојница

Во групата на крути компензациони спојници припаѓаат запчестите (текеови) спојници (сл.137), кои се користат за прифаќање на секакви отстапувања на вратилата од центричноста. На краевите на двете



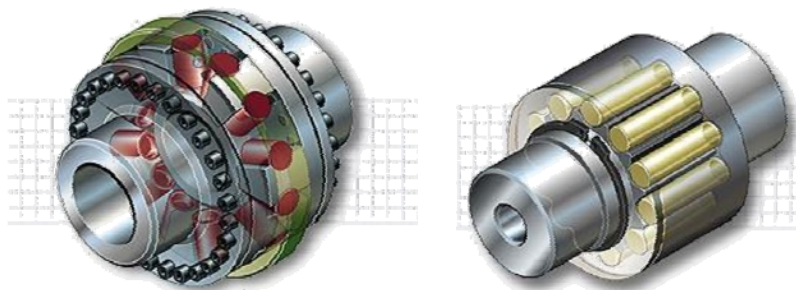
вратила се изработени назабени венци, како и на внатрешната страна од спојницата.



Сл.137. Запчести крути компензациони спојници

Вртежниот момент од погонското вратило преку назабените венци се пренесува на работното вратило. Запците се така изработени да овозможуваат спојницата да прифати било какви отстапувања од центричноста на вратилата.

*Еластичните спојници*, овозможуваат делумна компензација на поместувањата и ги амортизираат и ударите што би се пренесувале од погонското на работното вратило, за да не дојде до оштетување на некои елементи на работното вратило. Во својата конструкција овие спојници имаат еластичен елемент кој при појава на удар или осцилација се деформира. Еластичниот елемент може да биде изработен од кожа, гума, пластични маси или челични ленти.



Сл.138. Еластични спојници

Еластичните спојници може да бидат акумулациони и придушни.

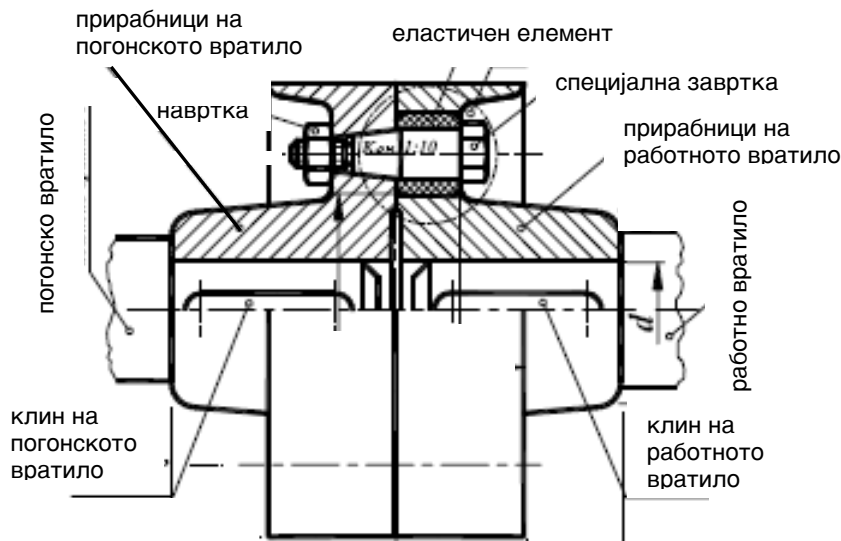
Кај акумулационите еластични спојници енергијата потрошена за деформација на еластичниот елемент се акумулира како потенцијална енергија во материјалот, а потоа се претвора во кинетичка енергија и како таква се предава на работното вратило.

Кај придушните еластични спојници се јавува триење, а со тоа и загревање.

Еден дел од енергијата потрошена за деформација на еластичниот елемент со оддавање на топлина неповратно се губи. На тој начин ударите и осцилациите од погонскиот се предаваат на работниот дел со намален интензитет и временско задоцнување.

Еластичните спојници најчесто се поставуваат меѓу погонската машина и другите делови од постројката со цел да ја заштитат од удари и да овозможат постојан преносен однос.

Постојат повеќе видови еластични спојници: еластичната спојница, еластична спојница со гумени прстени и валчестата еластична спојница со гумени валјачиња вметнати во соодветни вдлабнатини на двата дела од спојницата.



Сл.139. Постојано вклучена еластична спојница

Најголема примена од еластичните спојници има еластичната спојница со гумени прстени. Кај овој вид спојници може да дојде до деформирање и трошење на еластичниот елемент при што е потребно тој да се замени. Еластичните спојници со гумени прстени најчесто се применуваат за поврзување на електромоторите со вратилата на преносниците или директно со вратилата на работната машина.

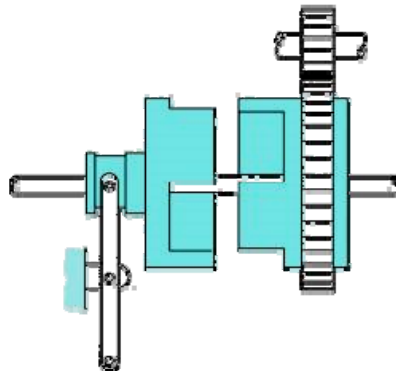
**Исклучно-вклучни управувани спојници** овозможуваат исклучување или вклучување и исклучување на спојницата кога вратилата се вртат. Со помош на овие спојници врската на вратилата може да се оствари или да се прекине во текот на работата.

Постојат две групи на исклучно-вклучни управувани спојници:

*обликни спојници* (исклучни) и *фрикциони спојници* (исклучно-вклучни).

Исклучно-вклучните спојници имаат еден подвижен дел кој е поврзан со механизам за исклучување или вклучување. Исклучните спојници овозможуваат само исклучување на спојницата во текот на работата. За да спојницата повторно се вклучи потребно е вратилата да мируваат.

Во групата на обликни спојници припаѓа канџестата исклучна спојница (сл.140) чии составни делови се во вид на канџи кои навлегуваат една во друга и се изработени од леано железо.



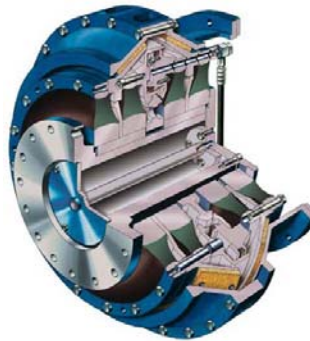
Сл.140. Исклучна канџеста спојница

*Фрикционите спојници* во текот на работата можат постепено да се вклучуваат и исклучуваат. При нагло преоптоварување во текот на работата настапува пролизгување на фрикционите површини, што на некој начин придонесува за заштита на елементите на работното вратило од оштетување. При вклучувањето фрикционите елементи делумно се лизгаат по допирните површини, сè додека работниот дел не ја достигне зачестеноста на вртежите на погонскиот дел од спојницата. Последица од ова е абење и затоплување на фрикционите површини, а со тоа и на целата спојница и околните елементи (вратила, лежишта и др.). За да се постигне подобро ладење, спојницата треба да има колку што е можно поголема површина, а по потреба, и ребра за ладење. Доколку и тоа е недоволно, се применува и вештачко ладење со помош на вода или воздух.

Материјалот на допирните површини може да биде најразличен: леано железо, челичен лив, челик, бронза, месинг, алуминиум, кожа, пресувана хартија, дрво, азбест и др. Ако допирните површини се изработени од метални материјали потребно е да се подмачкуваат, а ако се од кожа или други неметални материјали се натопуваат со маст. Само допирни површини кои се изработени од азбест не се подмачкуваат бидејќи азбестот е отпорен на топлина.

Со блокирање на гонетиот диск, фрикционите спојници се користат и како сопирачки кај автомобилите, дигалките, рударските и градежните машини и др.

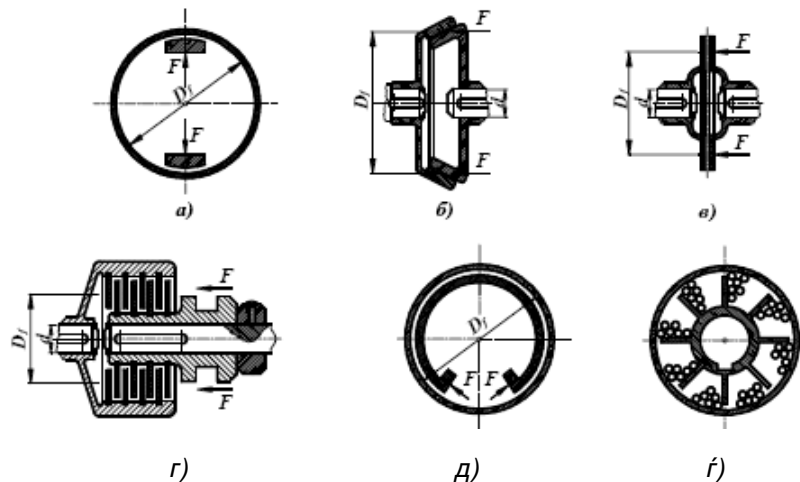
- Според формата на работните површини, фрикционите спојници се делат на ламелни (дисконни) и конусни или барабански (со конусна односно цилиндрична фрикциона површина).
- Според начинот на вклучување и исклучување може да бидат управувани и автоматски, начинот на управувањето може да биде механички, пневматски или електромагнетен.



Сл.141. Пневматска фрикциона спојница

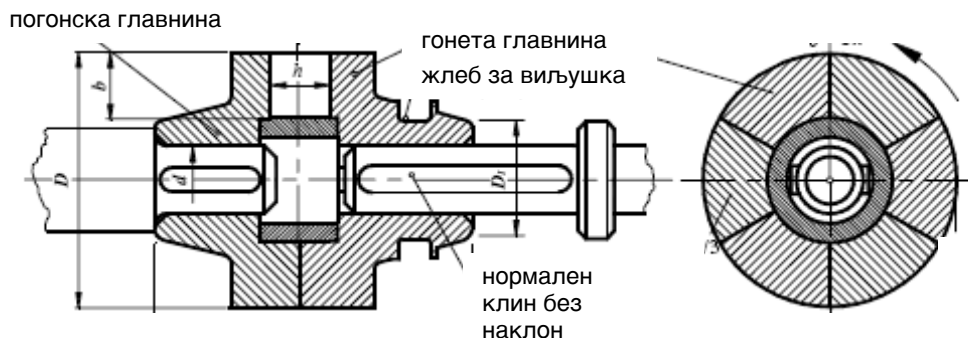
### Видови фрикциони спојници

Постојат повеќе конструкции на фрикциони спојници кои можат да се користат за повеќе намени. Можат да се користат како исклучни, вклучни, за промена на насоката на вртење, за заштита од преоптоварување и др. Со посебна изведба можат да се користат и како сопирачки.



Сл.142. Шематски приказ на неколку фрикциони спојници:  
 а) спојница со папучи (барабанска), б) со конична фрикциона површина, в) со рамна фрикциона површина (дискловна), г) повеќеламелна фрикциона спојница, д) спојница со еластична лента и ф) спојница со полнење (барабанска)

**Исклучните спојници** го добиле своето име според тоа што ретко но брзо во текот на работата може да го исклучат работното вратило. Главнината на работното вратило може да се поместува по вратилото со кое е поврзана со два клина без наклон. Движењето се остварува со помош на врежан жлеб за клин во гонетата главнина и радијален жлеб во кој влегува виљушка што служи за аксијално поместување на гонетата главнина по вратилото.



Сл.143. Исклучна канџеста спојница со три канџи

**Автоматските спојници** автоматски се вклучуваат или исклучуваат во текот на работата, доколку од било какви причини дојде до промена на:

- вредноста на вртежниот момент, при што со нивното исклучување ги обезбедуваат елементите на работното вратило од оштетување (сигурносни спојници);
- зачестеноста на вртежите: се вклучуваат во моментот кога погонското вратило ќе ја постигне потребната зачестеност на вртежите (центрифугални спојници);
- насоката на вртењето (еднонасочни спојници).

Во групата на автоматски спојници припаѓаат сигурносните, центрифугалните и еднонасочните спојници кои се применуваат за заштита од преоптоварување.

Составните делови на *сигурносните спојници* поврзани се со чивии преку кои се предава вртежниот момент од погонското на работното вратило. При зголемување на вртежниот момент во текот на работата доаѓа до преоптоварување при што чивиите се кинат со што се оневозможува поврзаноста на погонскиот со работниот дел од спојницата.

Кај *центрифугалните спојници* вклучувањето и исклучувањето се врши автоматски при промена на аголната брзина. Работат на принцип на триење и имаат фрикциони челусти поврзани со пружини кои допираат на фрикционата површина на погонскиот дел на спојницата. Кога аголната брзина е во дозволените граници, на фрикционата површина се јавува триење при што е овозможено пренесување на вртежниот момент. Ако дојде до зголемување на аголната брзина, се зголемува центрифугалната сила и притоа пружините се собираат и ги повлекуваат челустите. Со тоа врска меѓу двата дела на спојницата се прекинува и нема пренесување на вртежниот момент.

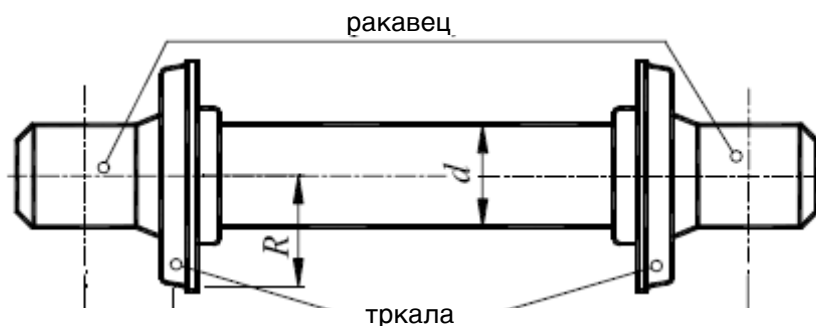
*Еднонасочните спојници* вршат пренесување на вртежниот момент само ако погонското вратило се врти во една насока. Ако вратилото ја промени насоката на вртење, спојницата се исклучува и нема пренесување на вртежниот момент. Составени се од два диска од кои едниот е поставен на погонското, а другиот на работното вратило. Помеѓу двата диска на спојницата постојат специјално оформени канали во кои се движат валчиња. Валчињата со помош на пружини се поставуваат во најтесниот дел од каналот каде се создава триење кое овозможува пренесување на вртежниот момент. Ако дојде до промена на насоката на вртење на

погонското вратило, валчињата доаѓаат во широкиот дел од каналот, се прекинува врската помеѓу погонскиот и работниот дел, при што спојницата е исклучена и нема пренесување на вртежен момент.

### 3.8. ОСКИ И ВРАТИЛА

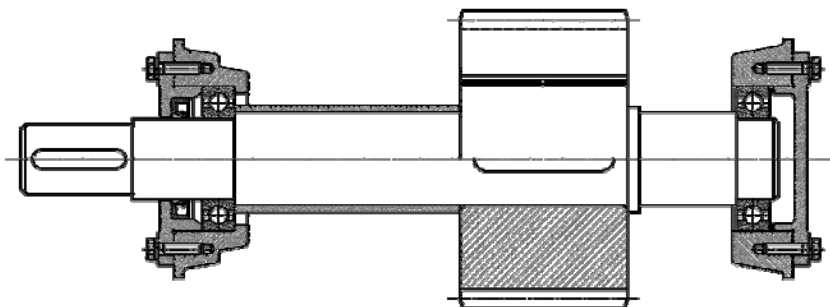
Оските и вратилата се носачи на елементи, потпрени најмалку на две лежишта (потпори). Елементите (запченици, фрикциони тркала, ременици, спојници и др.) кои се прицврстени за оските односно вратилата се вртат или не се вртат заедно со нив.

Деловите на оските и вратилата со кои тие се потпираат врз лежиштата се нарекуваат ракавци. Склопот на ракавецот и лежиштето овозможува кружно движење на оската или вратилото со колку што е можно помали загуби на силината од триење.



Сл.144. Вагонска оска

Сите наведени карактеристики се заеднички карактеристики за оските и вратилата. Главната разлика помеѓу нив е тоа што вратилата за разлика од оските пренесуваат вртежен момент од еден до друг елемент поставен на нив.



Сл.145. Вратило



Оските се машински елементи кои служат како носители на други елементи и прават кружно или осцилаторно движење.

При експлоатација на оските, врз нив дејствуваат сили кои ја оптоваруваат оската и предизвикуваат различни напрегнувања:

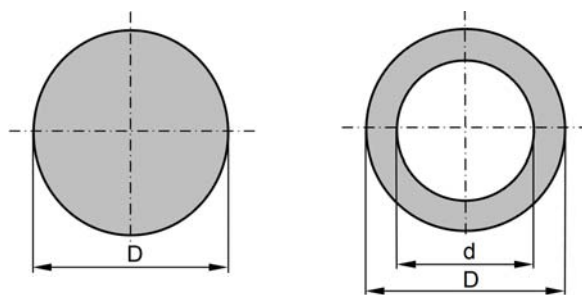
- Напрегнување на свиткување е главното напрегнување кое се јавува кај оските. Него го предизвикуваат сопствената тежина на оската и тежината на елементите што се поставени на неа.
- Напрегнување на притисок или истегнување се јавува во посебни случаи во зависност од елементите што се поставени на оската.
- Напрегнување на усукување се јавува како последица на триењето во ракавците. Ова напрегнување е мало и секогаш се занемарува.

Бидејќи напрегнувањето на свиткување е најголемо, димензионирање на оските се прави според напрегнувањето на свиткување.

Примери за оски се: вагонската оска, оските на велосипедот, оската на барабанот од дигалката. Вратилата застапени се кај моторите, турбините, пумпите, алатните машини, вретената кај дигалките, вратилото на педалите кај велосипедот и др.

Оските се оптоварени, главно, на напрегнување од свиткување, а поради тоа што пренесуваат вртежен момент, вратилата се оптоварени уште и на напрегнување од усукување (торзија), понекогаш и на притисок кога на нив дејствуваат и аксијални сили со евентуално извиткување.

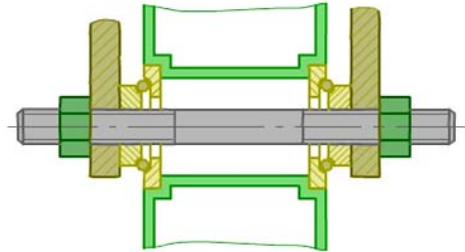
Во зависност од конструктивниот облик оските може да бидат полни и шупливи.



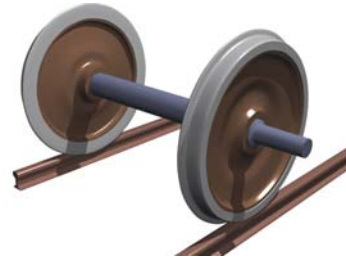
Сл.146. Напречен пресек на: а) полна оска и б) шуплива оска

Во зависност од намената оските може да бидат:

- Подвижни оски - се оските кои се вртат заедно со деловите кои се поставени на нив, и
- Неподвижни оски - се оските кои мируваат, а се вртат деловите кои се поставени на нив.



Сл.147. Неподвижна оска



Сл.148. Вагонска оска

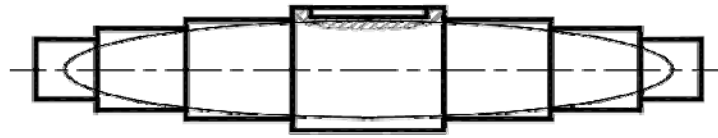
Неподвижните оски (сл.147) се користат кај автомобилите, дигалките и разни други машини, додека подвижните оски (сл.148) најчесто наоѓаат примена кај железничките вагони и локомотиви, како и кај други транспортни уреди.

Вратилата се машински елементи кои се носители на преносни елементи кои прават кружно или осцилаторно движење и пренесуваат вртежен момент од преносниот елемент поставен на едното вратило на преносниот елемент со кој што е во спрега, а е поставен на друго вратило.

Како и кај оските, така и кај вратилата во текот на нивната работа дејствуваат сили со различни јачини, правци и насоки кои ги оптоваруваат вратилата на динамички оптоварувања и предизвикуваат различни напрегнувања.

Кај вратилата се јавуваат следниве напрегнувања:

- Напрегнување на свиткување – предизвикано од сопствената тежина на вратилото и тежината на елементите поставени на вратилото.
- Напрегнување на усукување – ова напрегнување го предизвикува вртежниот момент што го пренесува вратилото.
- Напрегнување на притисок или истегнување – овие напрегнувања се јавуваат во определени случаи во зависност од елементите што се поставени на вратилото.



Сл.149. Идеален облик на вратило – елипсовиден облик  
Идеален облик на вратило е елипсовидниот облик и таквиот облик обезбедува најголема отпорност на вратилото при оптоварување.

Димензионирањето на вратилата се прави во зависност од јачината на напрегнувањата на усукување и свиткување. Ако двете напрегнувања се со приближно ист интензитет, вратилото се пресметува на сложено напрегнување, а ако напрегнувањето на свиткување е мало, се занемарува и, вратилото се пресметува само според напрегнувањето на усукување.

Од конструктивна гледна точка, оските и вратилата најчесто се прави, но ги има и со поинаква форма како на пример колненестото вратило кај моторите со внатрешно согорување или, пак, свитканата оска кај слободните тркала на возилата.

Вратилата во зависност од големината на напрегнувањата што се јавуваат кај нив можат да бидат:

- Лесни вратила – кај кои напрегнувањето на свиткување е многу помало од напрегнувањето на усукување.
- Тешки вратила – кај кои напрегнувањата на свиткување и усукување се со приближно ист интензитет.

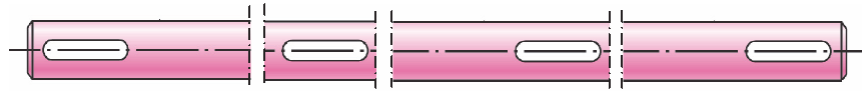
Во групата лесни вратила спаѓаат кратките вратила кои најчесто имаат ист дијаметар по целата должина, додека во групата тешки вратила припаѓаат главните вратила на парните машини, на парните турбини, вратилата на моторите со внатрешно согорување и др.

Конструктивната изведба на вратилата зависи од нивната намена.

Постојат повеќе конструктивни изведби на вратила:

- Трансмисиско вратило

Трансмисиските вратила се со голема должина и најчесто имаат еднаков напречен пресек по целата должина.

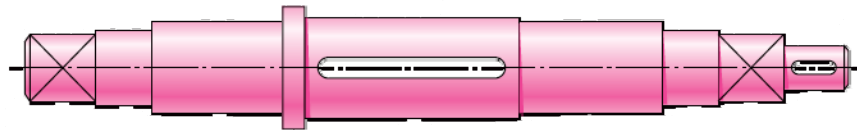


Сл.150. Трансмисиско вратило

На овие вратила се поставуваат повеќе преносни елементи и од едно погонско вратило се задвижуваат повеќе работни вратила. Најчеста примена трансмисиските вратила имаат во индустријата.

- Степенесто вратило

Степенестите вратила се изработуваат со различни напречни пресеци по должината на вратилото, со што се постигнува намалување на нивната тежина, заштедување на материјал, а со тоа и намалување на цената на чинење.

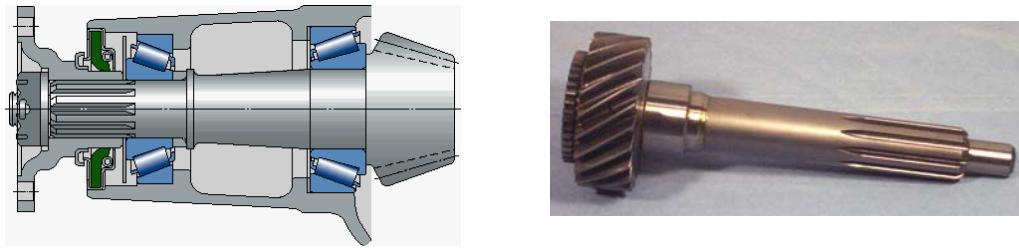


Сл.151. Степенесто вратило

Степенестите вратила наоѓаат примена кај тешките машини, редуктори, како и кај машините со големи моќности.

- Изжлебено вратило

Изжлебените вратила имаат симетрично поставени распоредени жлебови. Преносните елементи поставени на ваквите вратила имаат внатрешно изработени жлебови и можат да пренесуваат големи вртежни моменти. За разлика од другите видови вратила, потешко се изработуваат и имаат повисока цена на чинење.

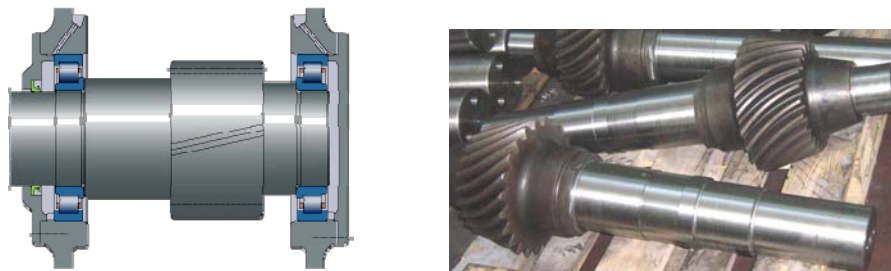


Сл.152. Изжлебени вратила

Овие вратила наоѓаат примена кај машините, алатките и кај некои превозни средства како што се локомотивите, камионите и др.

- Вратило со запченик

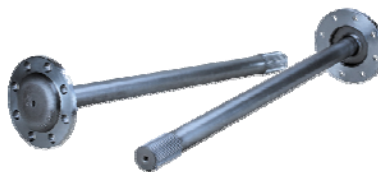
За вратила со мали димензии и кога е потребно вратилото и запченикот да бидат изработени од ист материјал, запченикот се изработува заедно со вратилото.



Сл.153. Вратила со запченици

- Вратило со полусоединувач

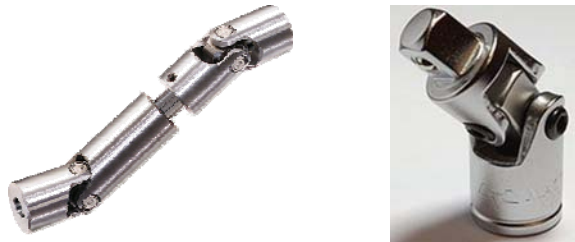
Кај вратилата со полусоединувач на едниот крај од вратилото се поставува запченик кој го пренесува вртежниот момент, а на другиот крај има прирабница преку која вратилото се поврзува преку завртки со преносниот елемент.



Сл.154. Вратило со полусоединувач

- Телескопско вратило

Составните делови на телескопското вратило поставени се во различни правци односно, немаат иста оска на симетрија.

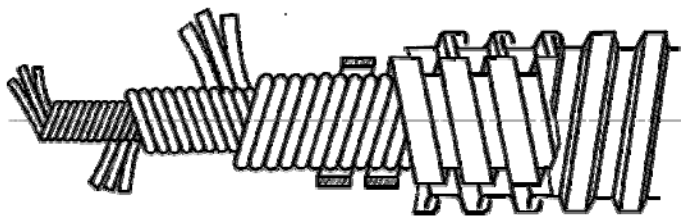


Сл.155. Телескопски вратила

Телескопските вратила се применуваат кога е потребно вртежниот момент да се пренесе во различни правци или кога е потребно моќноста да се пренесе на различни височини. Најголема примена овие вратила наоѓаат кај автомобилите, камионите и другите превозни средства.

- Еластично вратило

Еластичните вратила се изработуваат од жици кои меѓусебно се испреплетени. Се применуваат за пренесување на вртежни моменти и моќности во различни правци. Се применуваат каде што е потребен пренос на помали моќности, односно во стоматологијата, кај уреди за чистење и кај други машини кои работат со вибрации.



Сл.156. Еластично вратило

- Брегасто вратило

Брегастите вратила во својата конструкција имаат изработено брегчиња кои се поставени под различни агли. Брегастите вратила се користат кај моторите со внатрешно согорување, така што, во текот на работата, кога

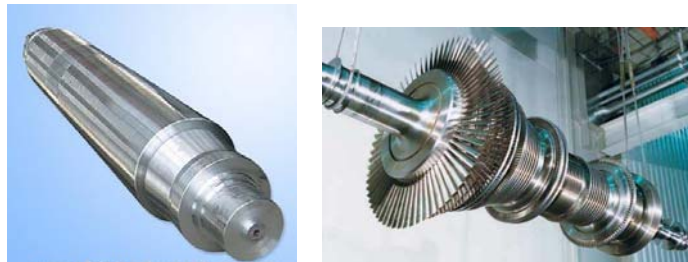
вратилото се врти брегчињата овозможуваат отварање и затварање на вентилите кај овие мотори.



Сл.157. Брегаста вратила

- Турбинско вратило

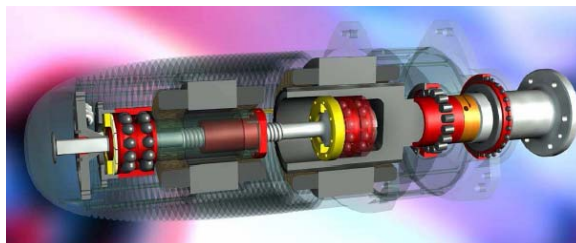
Турбинските вратила наоѓаат примена кај сите видови турбини (водни, парни, гасни), кај пумпи, компресори и сл.

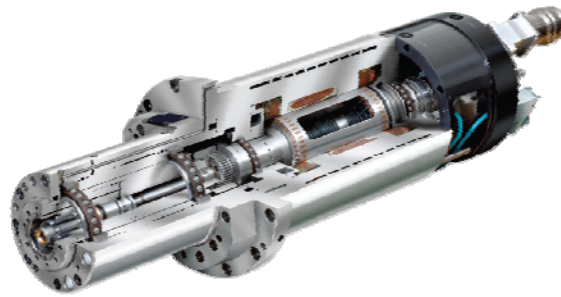


Сл.158. Турбински вратила

- Вратило за електромотор

Вратилата кај електромоторите наоѓаат широка примена и се користат за поврзување на електромоторот со работната машина или со преносникот.

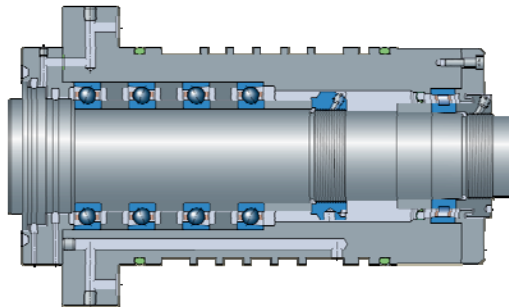




Сл.159. Вратила за електромотор

- Вратило за машини и алатки

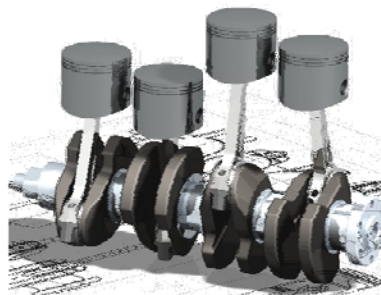
Вратилата за машини и алатки се среќаваат кај машините, алатките, брусниот камен и сл.



Сл.160. Вратило за машини и алатки

- Коленесто вратило

Коленестото вратило наоѓа примена кај клипни машини, кај моторите со внатрешно согорување, клипни пумпи и компресори односно, секаде каде што е потребно кружното движење да се претвори во праволиниско движење.

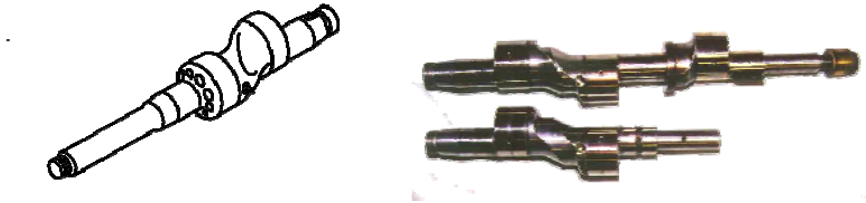


Сл. 161. Коленесто вратило



- Екцентрично вратило

Екцентричните вратила најчесто се применуваат кај алатите за стегање.



Сл.162. Екцентрични вратила

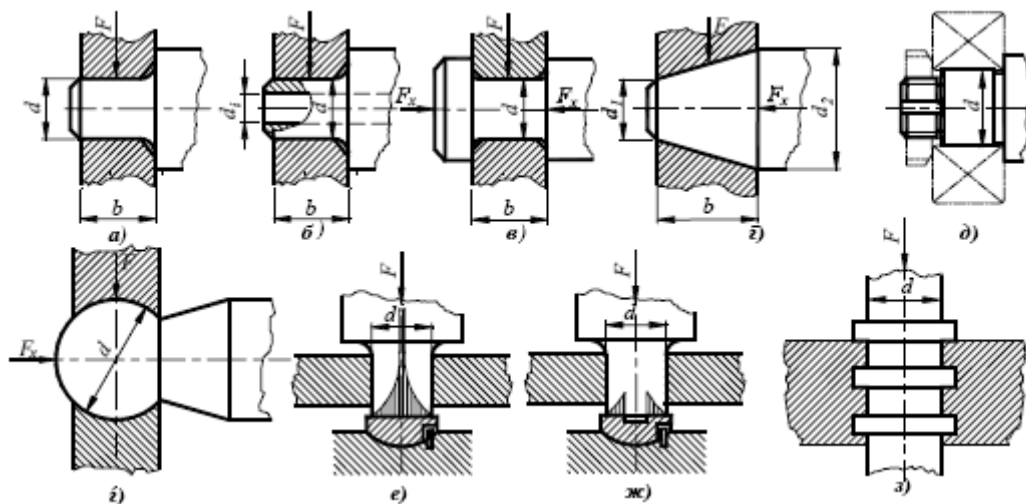
#### *Конструктивни материјали за оски и вратила*

Главните конструктивни материјали на оските и вратилата треба да бидат отпорни на динамички напрегнувања, а такви се јаглеродните и легираните челици. Челикот за таа намена се легира со хром, никел, молибден и манган. Пред механичката обработка со брусење и полирање, оските и вратилата се обработуваат со топлинско-хемиски постапки како што е калењето, цементирањето, нитрирањето итн.

### 3.9. РАКАВЦИ

Деловите со кои оските и вратилата се потпираат врз лежиштата се нарекуваат ракавци.

- Според обликот тие најчесто се цилиндрични, а можат да бидат и конични, топчести, гребенести и др.
- Според начинот на кој се оптоварени ракавците се делат на радијални (попечни), радиаксијални и аксијални (надолжни).
- Во зависност од поставеноста на оската односно вратилото ракавецот може да биде надворешен или внатрешен.
- Ако ракавецот треба да се потпира на тркалачко или лизгачко лежиште станува збор за ракавец наменет за тркалачко, односно лизгачко лежиште,
- Ракавците можат да бидат шупливи и полни.



Сл 163. Видови ракавци

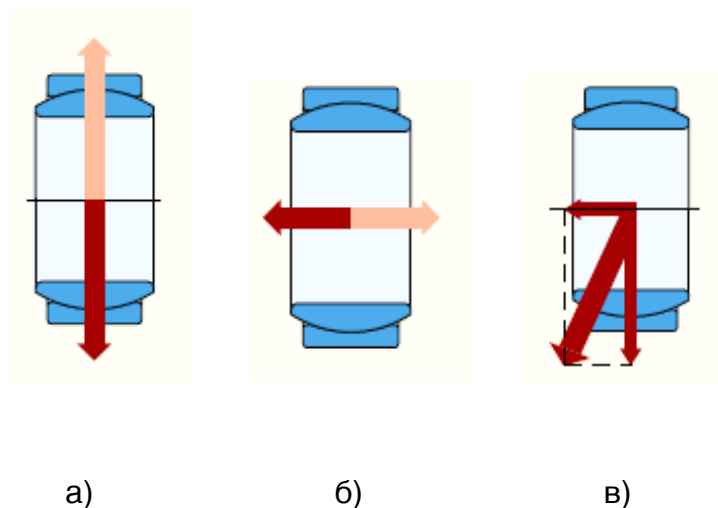
а,б,в,д - радијални (попечни); г,ѓ - радиаксијални; и  
 е,ж,з-аксијални ракавци; д -за тркалачко лежиште; а,б,в,г,е,ж,з - ракавци  
 за лизгачко лежиште;  
 б - шуплив ракавец; и а,в,г,д,ѓ,е,ж,з,-полни ракавци

### 3.10. ЛЕЖИШТА

Лежиштата се машински елементи кои се поставуваат на ракавците на оските и вратилата. Силите што дејствуваат на оските и вратилата преку ракавците се пренесуваат на неподвижната подлога при што лежиштата треба да овозможат непречено кружно или осцилаторно движење на ракавците со колку што е можно помали загуби од триење.

Во зависност од поставеноста на силата во однос на оската на ракавецот лежиштата може да бидат:

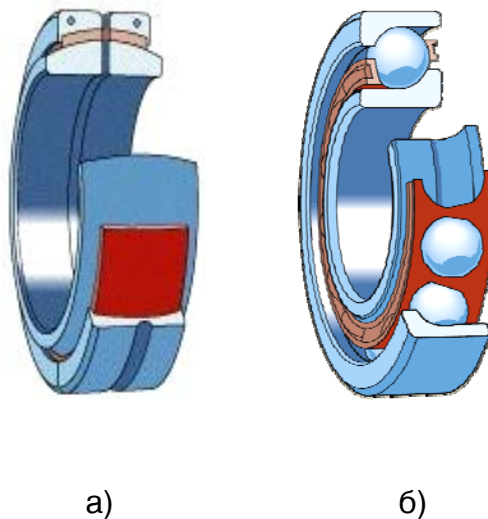
- *Радијални (попречни) лежишта* примаат главно радијални сили, односно сили нормални на оската на ракавецот и евентуално многу мали (незначителни) аксијални сили кои дејствуваат во правец на оската на ракавецот.
- *Аксијалните (надолжни) лежишта* примаат главно аксијални сили кои дејствуваат во правец на оската на ракавецот од вратилото, а понекогаш може да примаат и многу мали радијални сили.
- *Радиаксијалните лежишта* имаат таква конструкција што овозможува истовремено да примаат и радијални и аксијални сили.



Сл.164. Видови лежишта во зависност од поставеноста на силата:  
 а) радијални; б) аксијални и в) радиаксијални лежишта

Според конструктивниот облик лежиштата може да бидат:

- Лежишта со лизгање (лизгачки лежишта), кај кои ракавецот директно се потпира на лежиштето и при вртење се лизга во него при што се јавува триење при лизгање.
- Лежишта со тркалање (тркалачки лежишта), кај нив ракавецот се потпира во лежиштето преку посредни тела и при вртење се јавува триење при тркалање.



Сл.165. Видови лежишта според конструктивниот облик: а) лежиште со лизгање и б) лежиште со тркалање

Основна разлика помеѓу двете групи на лежишта е видот на триење кој што се јавува во нив. Кај лежиштата со лизгање се јавува триење при лизгање, кое што е многу поголемо од триењето при тркалање кое што се јавува кај лежиштата со тркалање.

### 3.10.1. Лежишта со лизгање

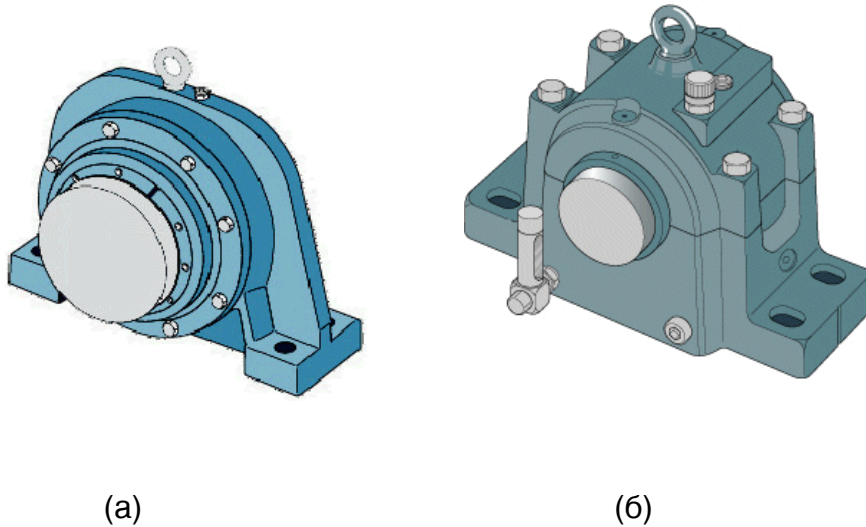
Кај лежиштата со лизгање потпирањето на оските и вратилата преку ракавците е изведено преку површини изложени на лизгање.

Кај овој вид лежишта ракавецот од оската или вратилото директно се потпира на постелката на лежиштето и при неговото вртење се јавува триење од лизгање.

Лежиштата со лизгање се применуваат при високи зачестености на вртежите, за големи и тешко оптоварени вратила, за работа во агресивна средина (влага, прав) и др.

Во случај на голема вредност на коефициентот на триење материјалите за лежишта потребно да имаат добри лизгачки особености или да се подмачкуваат.

Лежиштата со лизгање може да бидат едноделни и дводелни.

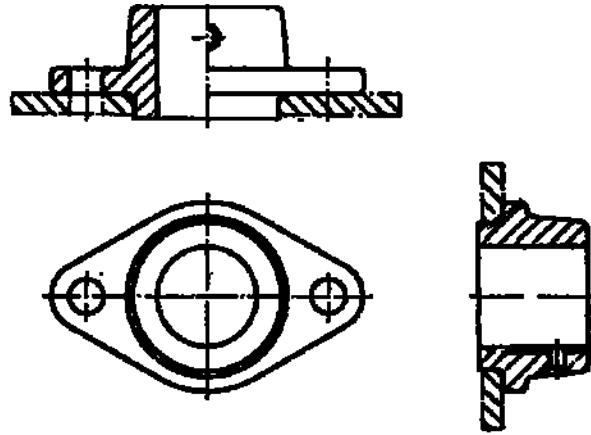


Сл.166. Лежишта со лизгање: (а) едноделно и (б) дводелно лежиште

Едноделните лежишта се изработуваат од еден дел и поради тоа имаат едноставна конструкција.

Наједноставно лежиште со лизгање е едноделното радијално лежиште прикажано на сл. 167.

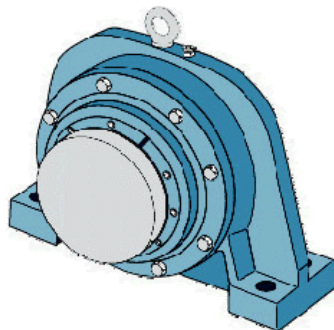
Едноделното радијално лежиште се состои од куќиште изработено од сив лив на кое е поставен отвор за ракавецот. Лежиштето има еден отвор на горниот дел кој служи за подмачкување и два отвори на долниот дел за прицврстување на подлогата.



Сл.167. Едноделно радијално лежиште

Едноделните лежишта и покрај нивната едноставна конструкција немаат голема примена. Овие лежишта се користат за споредни цели со повремена работа.

Како резултат на големото триење на допирната површина на лежиштето кое се јавува и покрај подмачкувањето, по одредено работно време допирната површина се истрошува и треба да се замени целото лежиште со ново. Затоа, треба особено да се внимава при изборот на материјал за изработка на лежиштето. Треба да се избере материјал кој лесно се подмачкува и нема многу да се троши при работа на лежиштето. Таквите материјали се со повисока цена на чинење, па заради тоа за изработка на лежиштата со лизгање се употребуваат попростапни материјали, а лежиштата се изработуваат со постелка како на сл. 168.



Сл.168. Едноделно лежиште со постелка

Кај едноделните лежишта и постелката е едноделна и е во форма на тенок шуплив цилиндер (сл.169) изработена од материјал отпорен на триење. Зависно од намената на лежиштето за изработка на постелката се применуваат повеќе материјали.

При изборот на материјалот треба да се води сметка материјалот да ги задоволи следните услови:

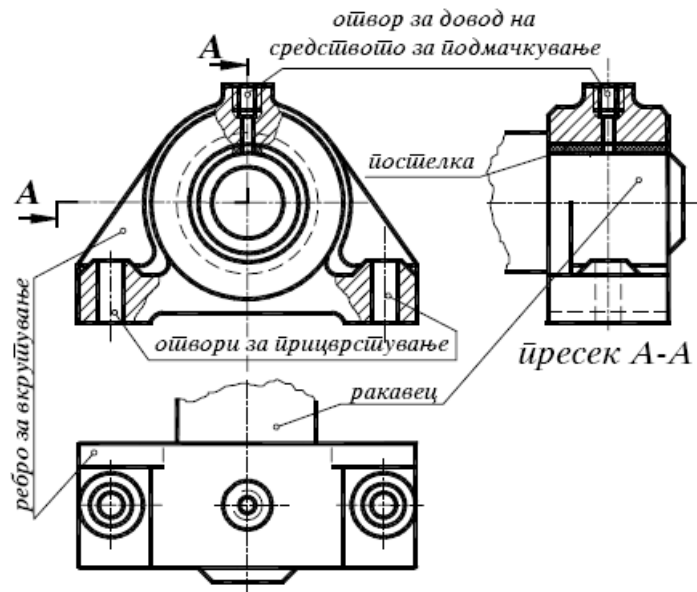
- да биде доволно мек за да не предизвика трошење на ракавецот;
- да може да издржува притисоци и удари;
- да има мал коефициент на суво триење, што е особено важно при пуштање и запирање на лежиштето, особено при недоволно подмачкување;
- да има добра топлотна спроводливост, поради топлината што се создава при работа на лежиштето;
- да има мал коефициент на топлотно ширење за да можат попрецизно да се определат димензиите на лежиштето.

Постелката за поголеми пречници може да биде изработена како двослојна при што едниот слој се изработува од челик на чија површина која што е во допир со ракавецот се поставува вториот слој кој се нарекува налевка и се изработува од поквалитетен материјал кој има поголема отпорност на триење.



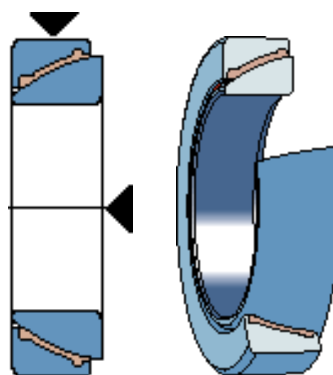
Сл.169. Едноделни постелки

Постелката кај едноделните лежишта се прицврстува со помош на завртки. Завршните рабови на внатрешната површина на постелката се изведуваат како закосени или заоблени со цел да се избегне оштетување на ракавецот со кој што е во непосреден допир таа постелка. Работната површина на постелката може да биде мазна или со бразди и жлебови за подмачкување.



Сл.170. Едноставно едноделно радијално лизгачко лежиште со постелка

По истрошувањето постелката се заменува со нова, или ако е двослојна се заменува само налевката. За да не се прави честа замена на постелката, истата може да се изработи со конусен отвор и да се постави на конусен ракавец. Кога постелката ќе се истроши, лежиштето ќе се притегне со навртките и ќе се доведе на потребната мерка. Истиот ефект се добива кај конусни лизгачки лежишта изработени од два сферни прстени - сл.180.

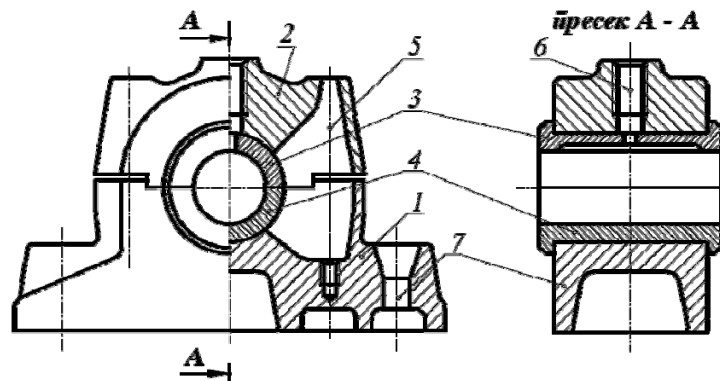


Сл.180. Конусно аксијално подесено сферно лежиште со два прстени



Кај дводелните лежишта (сл.181) телото и постелката се изработуваат во два дела, а понекогаш постелката може да биде изработена и од повеќе делови.

Дводелните лежишта се поскапи и посложени за изработка од едноделните, но по потреба лесно се монтираат и демонтираат. Ваквите лежишта можат да се расклопуваат и поради тоа можат да се поставуваат на ракавци каде не можат да се постават едноделните лежишта.



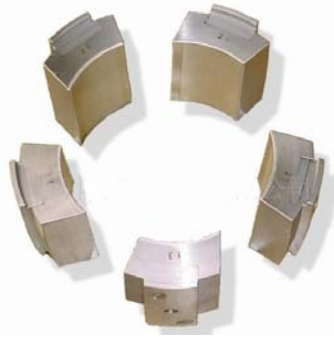
Сл.181. Дводелно лежиште: 1- тело, 2- капак, 3- горна постелка, 4- долна постелка, 5-завртки за поврзување на капакот и телото, 6- отвор за подмачкување, 7-завртки за поврзување со подлогата

Дводелната постелка (сл.182) која се употребува кај дводелните лежишта се изработува од челик, бронза или леано железо, а налевката се изработува од поквалитетен материјал кој е отпорен на триење.



Сл.182. Дводелна постелка

За големи оптоварувања со променлива насока ако е потребно да се создадат повеќе независни носечки површини за зголемување на сигурноста во работата се применуваат дводелни лежишта со постелка составена од повеќе делови - повеќеделна постелка (сл.183).



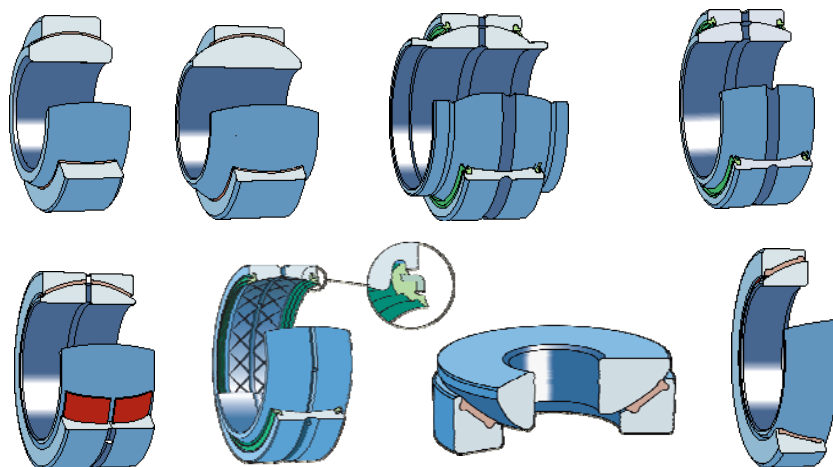
Сл.183. Постелка составена од повеќе делови

Кога оптоварувањата се големи и променливи доаѓа до брзо трошење на постелката. За да нема честа промена на постелката и да се продолжи работниот век на лежиштето, кај ваквите лежишта се вградува клин за подесување. По потреба, клинот се поместува и лежиштето продолжува со нормална работа.

Постојат повеќе конструктивни изведби на лежишта со лизгање во зависност од работните услови и конструкцијата на машината каде што се наоѓа лежиштето.

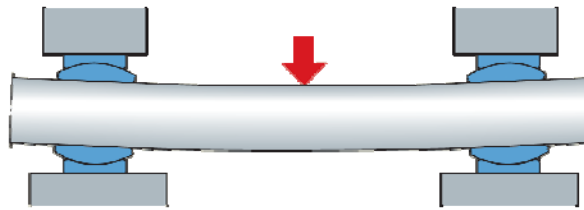
Во последно време се употребуваат лизгачки лежишта изработени од два сферни прстени (сл.184).

Погодни се за работа во тешки услови.

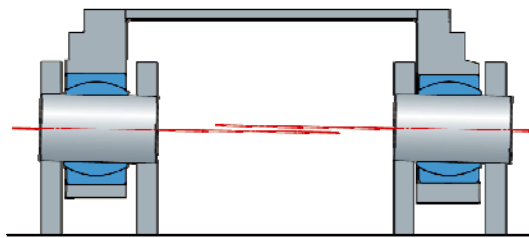


Сл.184. Различни видови на лизгачки лежишта со два сферни прстени

Кај лежиштата со два сферни прстени овозможено е аголно поместување на вратилото под дејство на радијалните сили со што е овозможена подобра и симетрична распределба на напоните во лежиштето. Односно, деформирањето на вратилото под дејство на радијалните сили нема влијание на лежиштата (сл.185). Овие лежишта врз себе можат да примаат и аксијални сили. Геометриските оски на двете лежишта може наплно да не се совпаѓаат, односно овозможено е ексцентрично поставување на лежиштата (сл.186).



Сл.185. Радијалната сила не влијае на работата на лежиштата



Сл.186. Ексцентричноста на лежиштата не влијае на работата на лежиштата

### 3.10.1.1. Подмачкување на лежишта со лизгање

Кај лежиштата со лизгање се јавува големо триење помеѓу ракавецот и постелката. За да се намали триењето лежиштата мора да се подмачкуваат.

Во процесот на подмачкување најчесто се употребуваат разни видови масла, поретко масти, а понекогаш дури вода, па и воздух.

Маслото се користи за подмачкување на лежишта на брзоодни машини, за многу оптоварени лежишта и лежишта изложени на високи температури. Маса како средство за подмачкување поретко се користи. Се користи кај лежишта кај кои поради вертикалната положба на лизгачките површини маслото не може да се задржи.

Отпорот од триење зависи од големината на радијалната сила, квалитетот на обработката на допирните површини и нивната состојба (суви или подмачкани), како и од видот на материјалите кои се допираат.

Триењето кај лежиштата со лизгање е најголемо при пуштање на лежиштето во работа и при неговото запирање, при што ракавецот е во директен допир со постелката и таквото триење се нарекува суво триење. Со зголемување на брзината се зголемува притисокот на маслото и тоа навлегува помеѓу ракавецот и постелката и ги исполнува нерамнините од обработката на допирните површини. Тогаш постелката и ракавецот на некои места се допираат, а на некои места помеѓу нив има слој од масло поради што се јавува мешовито триење. Кога слојот од масло помеѓу ракавецот и постелката ќе достигне вредност поголема од 3  $\mu\text{m}$  настанува течно триење.

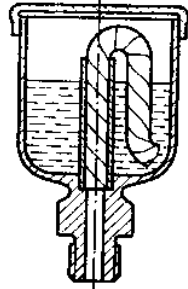
Начинот на подмачкување зависи од видот на машината, големината, обликот и положбата на допирните површини на ракавците и лежиштата, од брзината, температурата, притисокот и видот на средството за подмачкување.

Подмачкувањето може да биде поединечно кога средството за подмачкување се доведува помеѓу ракавецот и постелката до секое лежиште одделно, или групно кога повеќе лежишта се подмачкуваат едновремено од едно централно место, поради што ваквиот начин на подмачкување се нарекува и централно подмачкување.

Поединечното подмачкување со масло може да се изведува на повеќе начини. Наједноставен начин е со испуштање на масло во лежиштето со помош на кантичка во која е поставено маслото. Ваквиот начин на подмачкување не е ефикасен и подмачкувањето не е рамномерно.

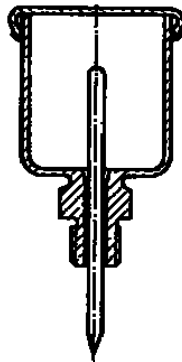
За да се обезбеди постојан дотур на масло кај поединечното подмачкување се користи мачкалка со фитил (сл.187) која работи по принцип на капиларно дејствување. Едниот крај на фитилот е потопен во кадичка со масло, а другиот се лизга по ракавецот вршејќи постојано подмачкување.

Фитилот кој е потопен во масло постојано го подмачкува лежиштето, и кога тоа работи и кога не работи, поради што се троши големо количество на масло.



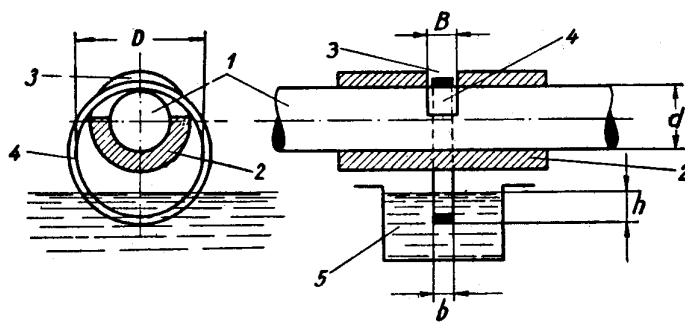
Сл.187. Мачкалка со фитил

Овој недостаток е отстранет кај мачкаката со осцилаторна игла (сл.188). Иглата е во постојан допир со ракавецот. При движење на ракавецот таа осцилира, пропушта масло и врши подмачкување. Подмачкувањето се врши само кога лежиштето работи, со што е овозможена заштеда на масло.



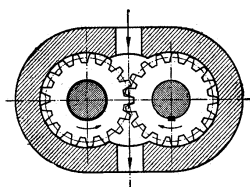
Сл.188. Мачкалка со осцилаторна игла

Најдобар и најчесто применуван начин на подмачкување е подмачкувањето со прстен (сл.189). Долниот дел од прстенот 4 е потопен во масло. Кога прстенот ќе се заврти зафатеното масло го доведува од горната страна и преку канали 3 го доведува помеѓу ракавецот 1 и постелката 2. Прстенот може да биде подвижен кој се користи за број на вртежи од 80 врт/мин до 3000 врт/мин и неподвижен за помал број на вртежи од 80 врт/мин и поголем број на вртежи од 3000 врт/мин.



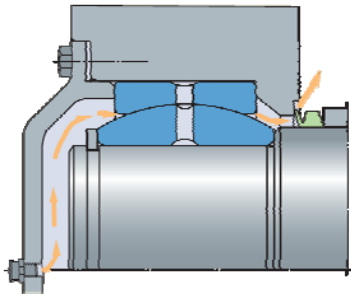
Сл.189. Подмачкување со прстен

Лежиштата кои се изложени на големи оптоварувања и голем број на вртежи се подмачкуваат со масло под притисок. Притисокот го обезбедува пумпа, а маслото циркулира. Системот за циркулација на маслото, покрај пумпа вклучува и резервоар за маслото и филтер за прочистување, а може да биде поставен и ладилник за маслото. Ваквиот начин на подмачкување се употребува за едновременно подмачкување на повеќе лежишта од едно централно место и се нарекува централно подмачкување. При централното подмачкување најчесто се користи запчеста пумпа која го превзема маслото од резервоарот. Пумпата го потиснува маслото до повеќе лежишта, се врши подмачкувањето и вишокот на масло се враќа во резервоарот кое по прочистувањето повторно се користи за подмачкување. Ваквиот начин на подмачкување многу често се користи кај моторите со внатрешно согорување, парните турбини, алатните машини и др.

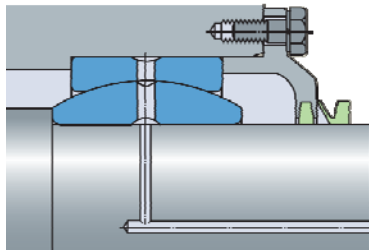


Сл.190. Запчеста пумпа

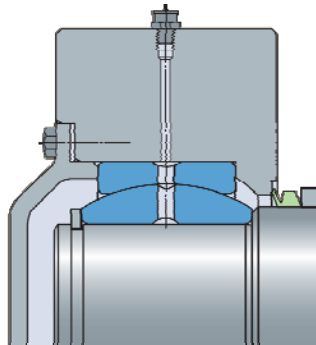
При ваквиот начин на подмачкување доводот на масло во лежиштата може да биде страничен, внатрешен или надворешен.



Сл.191. Страничен довод на масло



Сл.192. Внатрешен довод на масло



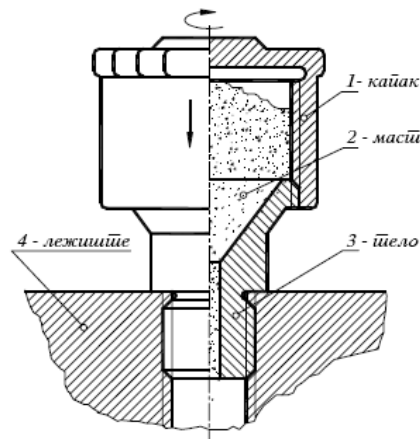
Сл.193. Надворешен довод на масло

Подмачкувањето на лежиштата со маст може да се врши на повеќе начини.

За поединечно доведување на маста може да послужат отвори во горниот дел на лежиштето од каде со затоплување на лежиштето маста се

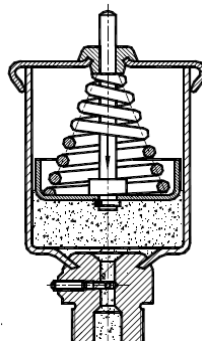
растопува и под дејство на сопствената тежина доаѓа во лизгачката површина на ракавецот и го извршува потребното подмачкување.

За подмачкување на лежиштата со маст најчесто се користи Штауферова мачкалка (сл.194) која се полни со маст и со повремено притегање на капакот на мачкалката маста се потиснува кон ракавецот и врши подмачкување на допирните површини.



Сл.194. Штауферова мачкалка

Кога маста ќе се подистроши, капакот на мачкалката се завртува и ја потиснува маста кон лежиштето. Постојаното завртување на капакот на мачкалката е избегнато кај мачкалката со пружина (сл.195) кај која маста се наоѓа под клипот на мачкалката.

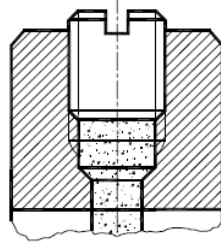


Сл.195. Мачкалка со пружина

Кога маста ќе се подистроши, притисокот под клипот опаѓа, пружината го потиснува клипот надолу, а со тоа ја потиснува и маста кон лежиштето. При работа на лежиштето, температурата се зголемува, маста се топи и врши подмачкување.

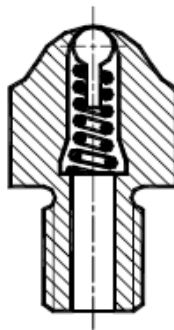


Кај мачкалката со завртка (сл.196), потиснувањето на маста кон лежиштето се врши со завртка.



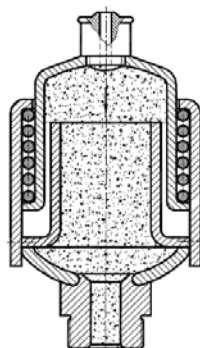
Сл. 196. Мачкалка со завртка

Кај Текалемит мачкалката (сл.197), маста се потиснува со рачна преса. Кога мачкалката ќе се наполни вентилот автоматски се затвора. Овие мачкалки се користат кај автомобилите и другите возила, алатните, рударските и градежните машини. Недостаток кај овие мачкалки е намалувањето на притисокот кое се случува при намалување на количеството на маст.



Сл. 197. Текалемит мачкалка

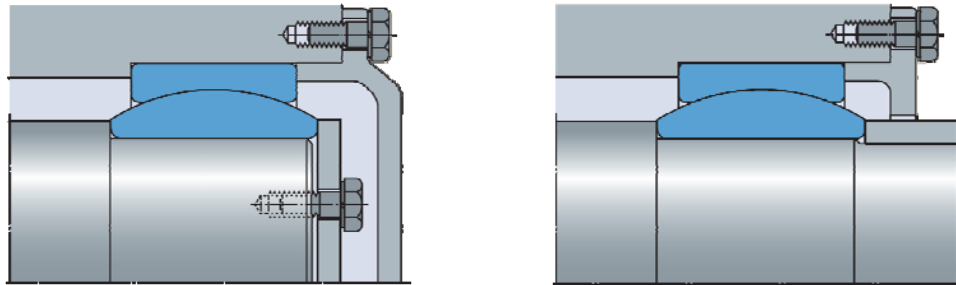
Централното подмачкување со маст се изведува со преси кои ја спроведуваат маста под притисок до повеќе лежишта.



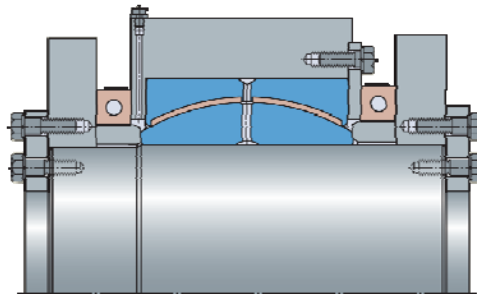
Сл.198. Мачкалка за централно подмачкување со маст

## 3.10.1.2. Прицврстување, монтажа и демонтажа на лежишта со лизгање

Најчесто, прицврстувањето на лежиштата со лизгање се изведува со прирабни плочки и завртки. На сл.199 а) е прикажано прицврстување на лизгачко лежиште на надворешен ракавец. На внатрешната страна на лежиштето, внатрешниот и надворешниот прстен се потпираат на вратилото и куќиштето додека двата прстени од надворешната страна се прицврстени и осигурани со две прирабни плочки со завртки. На сл.199 б) е прикажано прицврстување на лизгачко лежиште на внатрешен ракавец. На левата страна, лежиштето е потпрено на вратилото и куќиштето. На десната страна, надворешниот прстен е прицврстен со прирабна плочка со завртки додека внатрешниот прстен е потпрен на соседниот елемент. На сл.200 е прикажано прицврстување на лизгачко лежиште со прирабни плочки и завртки од двете страни. Во овој случај, прирабните плочки не го потпираат директно лежиштето туку помеѓу нив и лежиштето се поставени дополнителни прстени.



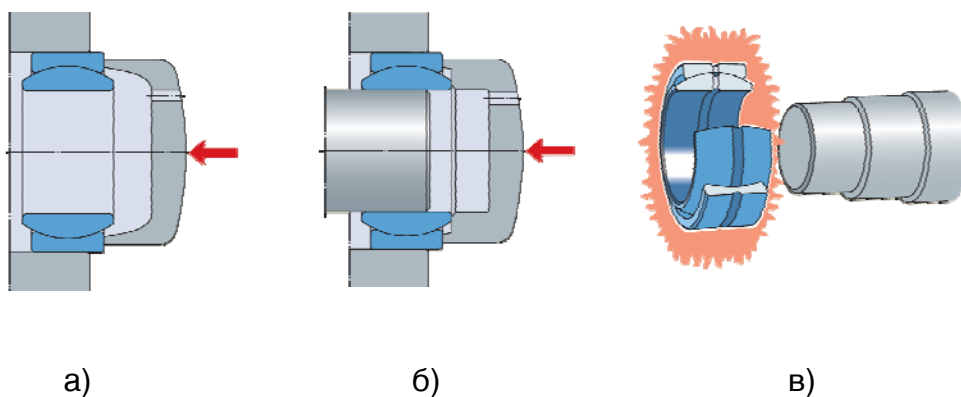
Сл.199. Прицврстување на : а) надворешно, б) внатрешно лизгачко лежиште



Сл.200. Прицврстување на лизгачко лежиште од две страни со дополнителни прстени

## 3.10.1.3. Монтажа на лежишта со лизгање

Постојат повеќе начини на монтажа на лежиштата со лизгање. На сл.201 а) е прикажана монтажа на лизгачко лежиште на вратило или куќиште со помош на цевка со дејство на сила на надворешниот прстен од лежиштето. На сл.201 б) е прикажана монтажа на лизгачко лежиште со цевка при дејство на сила на двата прстени. Овој начин се користи кога лежиштето се монтира истовремено и на вратилото и на куќиштето. На сл.201 в) е прикажана монтажа на лежиште со загревање. Лежиштето се загрева на определена температура при што доаѓа до зголемување на внатрешниот дијаметар на лежиштето. Лежиштето потоа лесно се монтира на вратилото или оската без или со многу мала сила. По ладењето, димензиите на лежиштето се намалуваат на проектираните и со тоа се обезбедува потребната сила на прицврстување.

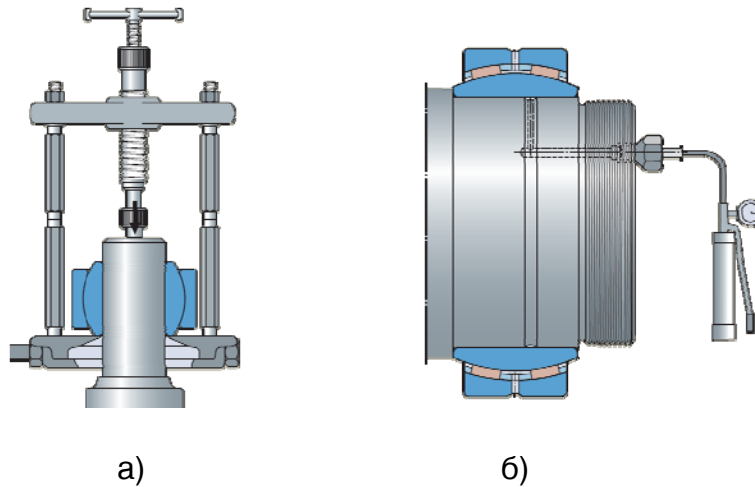


Сл.201. Монтажа на лежишта со лизгање: а) монтажа со цевка преку надворешен прстен на лежиштето; б) монтажа со цевка преку двата прстени на лежиштето и в) монтажа на лежиштето со загревање

## 3.10.1.4. Демонтажа на лежишта со лизгање

Исто како и кај монтажата, кај лежиштата со лизгање се употребуваат повеќе начини за демонтажа. Најупотребуван начин на демонтажа е со помош на извлекувач со навојно вретено - радапцигер (сл.202.а). Најдобар начин на демонтажа на лежиштата со лизгање е со помош на масло за подмачкување (сл.202.б) Масло под притисок се доведува преку специјално

изработен канал во вратилото (оската). Во овој случај оштетувањата на лежиштето и лизгачките површини воопшто ги нема или се многу мали. Во сите случаи на демонтажа, треба да се внимава, дејството на силата да биде на соодветните површини на лежиштето за да не дојде до негово оштетување.

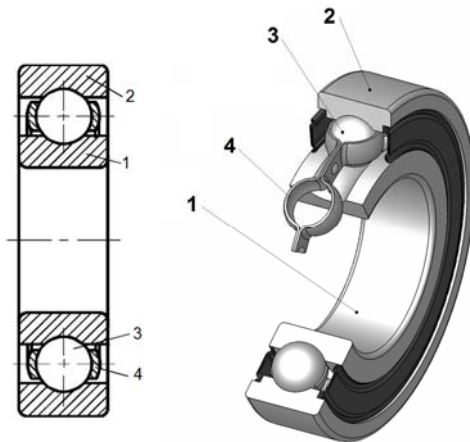


Сл.202. Демонтажа на лежишта со лизгање: а) со извлекувач со навојно вретени и б) со довод на масло под притисок

### 3.10.2. Лежишта со тркалање

Кај лежиштата со тркалање, ракавецот од оската или вратилото се потпира во лежиштето преку посредни тела и при вртење се јавува триење од тркалање помеѓу посредните тела и другите делови од лежиштето.

Во зависност од поставеноста на силите кои дејствуваат врз оските и вратилата, лежиштата со тркалање може да бидат: радијални (попречни), аксијални (надолжни) и радиаксијални лежишта.



Сл.203. Радијално лежиште со тркалање:  
1-внатрешен прстен, 2-надворешен прстен, 3-посредни тела и  
4- држач за посредните тела.

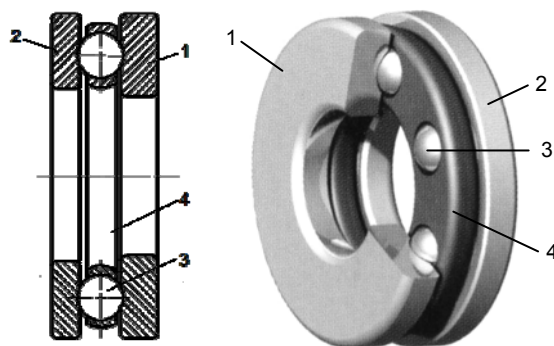
Внатрешниот прстен се навлекува на ракавецот, а надворешниот се вградува во неподвижното куќиште. Помеѓу двата прстени се тркалаат посредните тела при што се јавува триење при тркалање. Прстенестите радијални тркалачки лежишта се изведуваат како нераздвојливи, примаат оптоварувања во сите правци и во споредба со другите лежишта имаат пониска цена на чинење поради што наоѓаат широка примена во машинството. Лежиштата може да имаат и дополнителни прстени кои служат за ограничување на аксијалното поместување на тркалачките елементи или овозможуваат потпирање на сферна површина со што се овозможува нагодливост на лежиштето.

Деловите на ваквите лежишта се изработуваат на специјализирани полуавтоматски или автоматски машини.

Прстените и посредните тела поради изложеноста на големи оптоварувања, по примарната механичка обработка, термички се обработуваат, а точната форма и потребните димензии ги добиваат со брусење. По секоја фаза на обработка се изведуваат прецизни мерења.



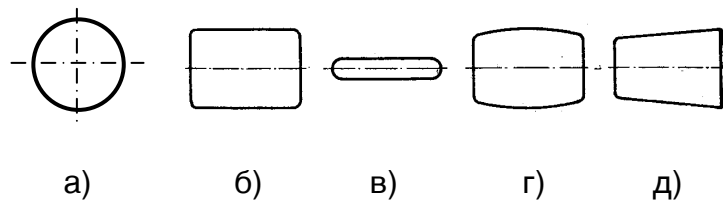
Сл.204. Елементи на радијално лежиште со тркалање



Сл.205. Аксијално (дисково) лежиште со тркалање:  
1-диск на ракавецот, 2-диск на куќиштето, 3-посредни тела и 4-држач за  
посредните тела.

Дискот на ракавецот се навлекува на ракавецот и се движи заедно со него, а дискот на куќиштето се прицврстува во куќиштето и е неподвижен.

Основен и најважен дел на лежиштата со тркалање се посредните тела кои можат да имаат најразличен облик, што зависи од конструкцијата и намената на лежиштето. Посредните тела може да бидат: топчиња и валјачиња. Валјачињата може да бидат: цилиндрични, игличести, конусни и буренца.

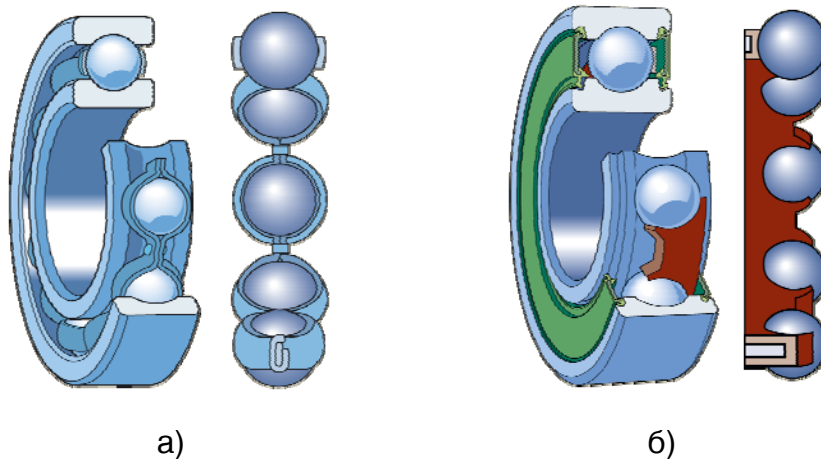


Сл.206. Посредни тела: а) топчесто, б) цилиндричен валјак, в) игличесто,  
г) буренце и д) конусен валјак

Посредните тела заедно со прстените, односно дисковите се најоптоварените делови кај тркачките лежишта. Затоа, тие се изработуваат од квалитетен челик легиран со хром и никел.

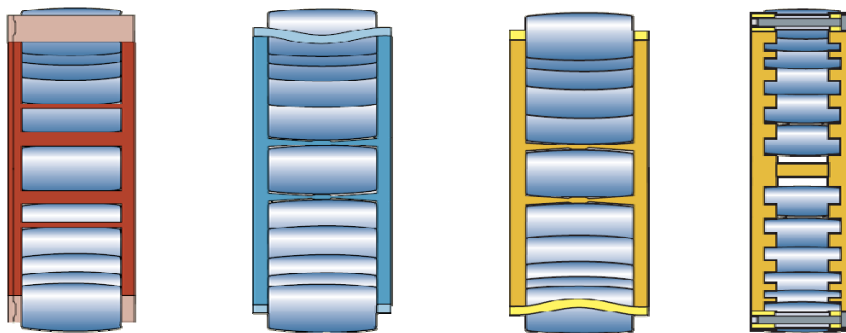
Држачите на посредните тела служат за одржување определено растојание помеѓу посредните тела и истовремено оневозможуваат истите да испаднат од лежиштето.

Тие го спречуваат судирањето на посредните тела во текот на работата со што е избегнато да се создаде зголемено триење при нивниот непосреден допир. До колку лежиштето не би имало држач, при неговата работа посредните тела би се собирале во најнеоптоварениот дел од лежиштето и при нивното судирање би се јавил голем специфичен притисок на местото на допирот. Како последица на тоа се јавува брзо трошење на посредните тела. Од овие причини лежиштата со тркалање се изработуваат со држачи.



Сл.207. Лежишта со тркалање: а) со лимен пунктиран држач и б) со држач од масивен прстен

За да биде триењето помеѓу посредните тела и држачите помало, држачите се изработуваат така да ги допираат посредните тела на местата каде брзината е најмала. Тие можат да имаат различна конструкција. Најчесто се изработуваат од лим како заковани или пунктирани, или од масивни прстени во кои се направени длабнатини за посредните тела.



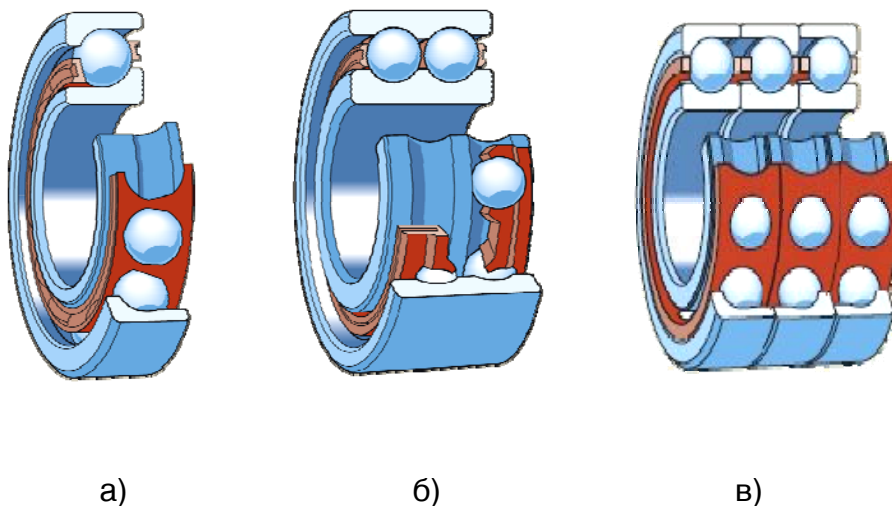
Сл.208. Масивни прстени како држачи на валчести тркалачки елементи

Материјалот за изработка на држачите мора да биди помек од материјалот на посредните тела за да не предизвика нивно оштетување. Држачите се изработуваат од челик, месинг, бронза, алуминиумски легури или пластични маси.

### 3.10.2.1 Конструктивни облици на лежишта со тркалање

Конструктивните изведби на лежиштата со тркалање можат да бидат различни во зависност од: обликот на посредните тела, правецот на нивното оптоварување, бројот на редови во кои се поставени посредните тела, според можноста за прилагодување кон деформациите на вратилото и др.

Радијалните тркалачки лежишта со топчиња како посредни елементи, може да бидат: едноредни, дворедни или троредни во зависност од бројот на редовите во кои се поставени посредните тела.



Сл.209. Радијални тркалачки лежишта со топчиња: а) едноредно, б) дворедно и в) троредно

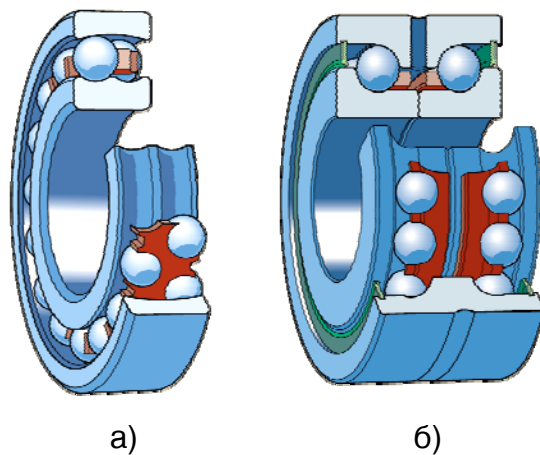
Едноредните радијални топчести лежишта се изработуваат со еден ред топчиња и како такви се користат за помали оптоварувања, додека дворедните и троредните се изработуваат со два, односно три реда топчиња и се користат за поголеми оптоварувања.



Лежиштата со тркалање по својот конструктивен облик може да бидат и крути или нагодливи во зависност од должината на вратилата на кои се поставуваат.

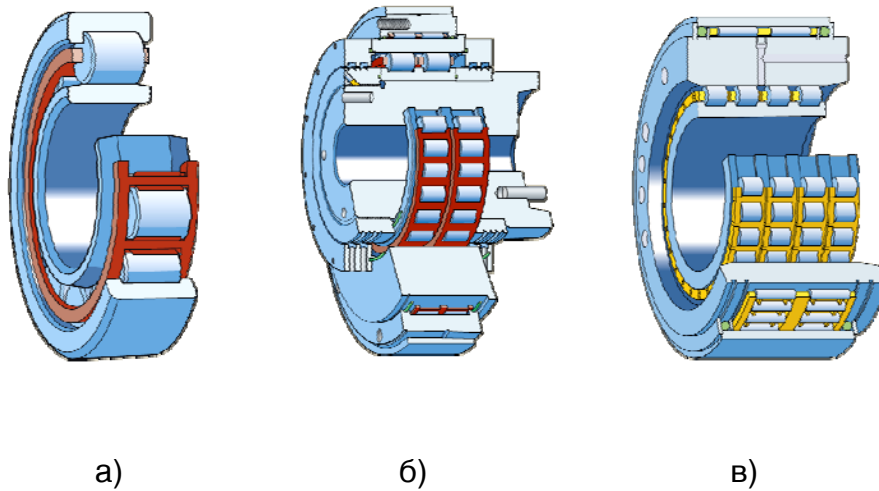
За вратила со мала должина каде што во текот на работата нема големи свиткувања на вратилото се користат крути лежишта.

Нагодливите лежишта се применуваат за подолги вратила кај кои настанува значително свиткување на вратилото во текот на работата. Кај овие лежишта внатрешната страна од надворешниот прстен е изработена во вид на лак, со што е овозможено прилагодување на лежиштето кон свиткувањето на вратилото, како и прифаќање на деформациите кои настануваат поради свиткувањето на вратилото.



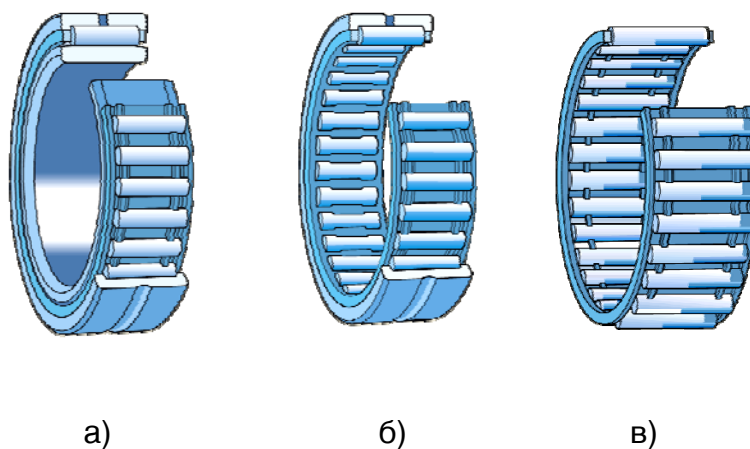
Сл.210. Лежишта со тркалање: а) нагодливо и б) круто

Радијалните лежишта со валјачиња се користат за поголеми оптоварувања, бидејќи допирната површина помеѓу посредните тела и прстените е поголема. Се изработуваат како едноредни, дворедни и повеќередни, или пак со кратки и долги вајлачиња.



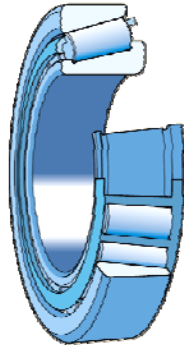
Сл.211. Радијални лежишта со цилиндрични валјачиња: а ) едноредно, б) дворедно и в) повеќередно

Доколку цилиндричните валјачиња имаат многу помал напречен пресек во однос на нивната должина, тогаш тие се нарекуваат иглички. Ваквите лежишта се нарекуваат игличести, не прифаќаат аксијални сили и поради нивните мали димезии се применуваат каде што нема можност да се постави друго лежиште. Игличестите лежишта не се чувствителни на удари и осцилации и, можат да бидат изработени со еден или два прстени или пак со ниту еден прстен (сл.212).



Сл.212. Игличести лежишта со: а) два прстени, б) еден прстен и в) ниту еден прстен

Лежиштата со тркалање чии посредни елементи се цилиндрични валјачиња се применуваат главно за радијални сили, додека ако валјачињата се конусни, таквите лежишта прифаќаат како радијални така и аксијални сили.



Сл.213. Лежиште со тркалање чии посредни тела се конусни валјачиња

Ако посредните тела кај лежиштата со тркалање се во облик на буренца, лежиштето може да прима радијални и мали двонасочни аксијални сили.

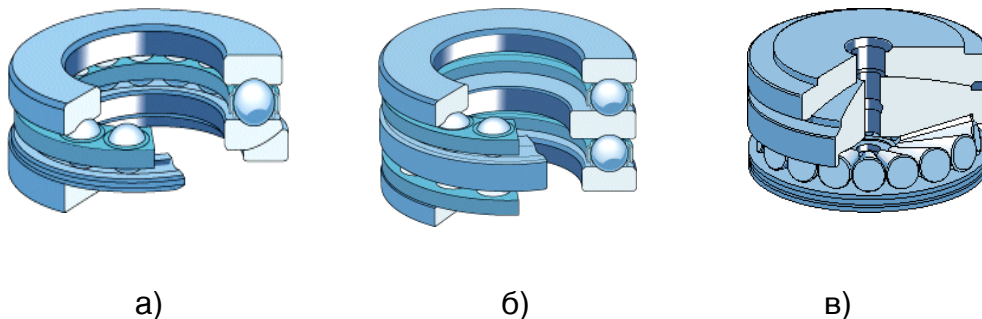


а)

б)

Сл.214. Лежиште со тркалање, со посредни тела во облик на буренца:  
а) едноредно и б) дворедно

Аксијалните (дискови) лежишта, главно се наменети за прифаќање на аксијални сили. Се изработуваат со топчиња и валјачиња (цилиндрични, конусни, буренца). Можат да бидат едноредни, кои примаат аксијални сили во една насока и дворедни, кои примаат аксијални сили во две насоки. Доколку е потребно дисковите лежишта да прифаќаат и радијални сили, тогаш се применуваат дискови конусни лежишта.



Сл.215. Дискови лежишта: а) едноредно со топчиња, б) дворедно со топчиња и в) едноредно со конусни валјачиња

### 3.10.2.2. Предности и недостатоци на лежиштата со тркалање

Кај лежиштата со тркалање ракавецот од оската или вратилото посредно преку топчиња, валјачиња, иглички или некои други тркалачки елементи се потпира на лежиштето и при неговото вртење се јавува триење од тркалање помеѓу тркалачките елементи и другите делови на лежиштето. *Предност на тркалачките лежишта* е тоа што во почетокот на работата, при мали брзини, отпорот во лежиштето е сосем малку поголем од отпорот за време на редовната работа при нормални брзини. Други предности се: потребата од мало количество средство за подмачкување, немањето потреба од некое посебно надгледување во текот на работата, како и нивното помало затоплување заради помалите отпори од триење при тркалање.

*Недостатоци на тркалачките лежишта* се: потребната голема прецизност во изработката и монтажата, релативно поголемата бучавост во работата, ограничениот век на траење, неприменливоста за големи брзини и неможноста да се поправат доколку дојде до оштетување на некој од нивните составни делови, кога тие треба едноставно да се заменат со нови.

### 3.10.2.3. Прицврстување, монтажа и демонтажа на лежишта со тркалање

Прицврстувањето на внатрешниот прстен кај лежиштата со тркалање зависи од големината на аксијалната сила и бројот на вртежите. Од едната страна прстенот се потпира врз самото вратило, а другата страна може да се прицврсти на повеќе начини:

- со надворешен Зегеров прстен, за мали и средни брзини кога нема аксијални сили;
- со прирабни плочки и завртки;
- со навртка.

Прицврстувањето со прирабни плочки и завртки се применува при поголеми брзини и постоење на мали аксијални сили.

Прицврстувањето на надворешниот прстен може да се изврши:

- со внатрешен Зегеров прстен, за мали аксијални сили, или
- меѓу капакот и прстенестиот испуст во куќичката на лежиштето, за поголеми аксијални сили.

За да може лежиштето да се монтира на вратилото потребно е тоа да биде конструирано со соодветни димензии. Операциите и зафатите при монтирањето и демонирањето на лежиштето зависат од видот на лежиштето и расположивиот простор.

Монтирањето на лежиштето на кратки ракавци се изведува со помош на куса цевка на чие чело се става капак и со удари од чекан се врши монтирање на лежиштето.

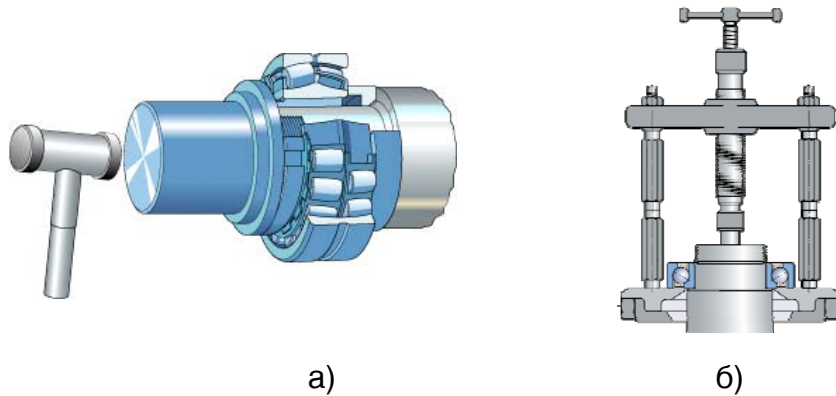
Малите лежишта се монтираат во ладна состојба, а големите за полесно вградување прво се загреваат, а потоа се монтираат. Загревањето може да се врши на повеќе начини, но најчесто се изведува со масло загреано на 80°C. За поголемите лежишта притисната сила може да се обезбеди и со преса.

Демонирањето на лежиштата на кратки ракавци се врши така што внатрешниот прстен се потпира врз цевка стегната во стега. Со удари од чекан врз ракавецот се врши негово избивање од лежиштето.

Внатрешниот прстен може да се извлече и со посебен извлекувач со навојно вретено.

Друг начин на монтажа е со доведување на масло под притисок од внатрешната страна на лежиштето при што доаѓа до одвојување и подмачкување на контактните површини и лесна монтажа на лежиштето.

Демонтажа на големите лежишта се изведува со загревање на внатрешниот прстен на лежиштето со што тој се шири и лесно се избива од ракавецот.



Сл.216. Демонтажа на лежишта: а) со удари со чекан, б) со извлекувач со навојно вретено

Подмачкувањето на лежиштата со тркалање може да се врши со масло и со маст. Лежишта кои работат со поголем број на вртежи се подмачкуваат со масло, а лежиштата кои работат со помал број на вртежи се подмачкуваат со маст. Видот на маслото се избира во зависност од бројот на вртежи, оптоварувањето, работната температура и конструкцијата на куќичката. Подмачкувањето како и кај лежиштата со лизгање може да се врши на повеќе начини: со маслена када, подмачкување со фитил, со маст и со впрскување.

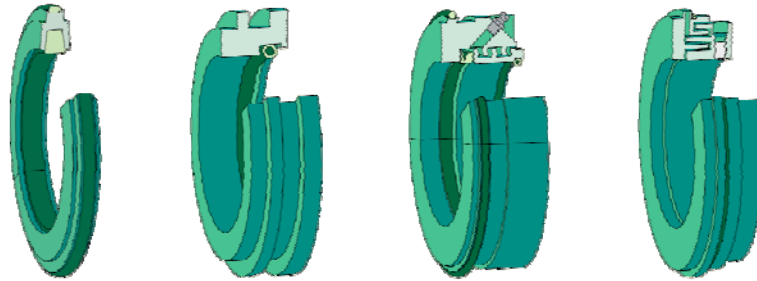
Затнувањето на лежиштата се изведува со цел:

- да се спречи излегувањето на мазивото од лежиштето и
- да се спречи навлегувањето на влага и нечистотии во лежиштето.

Затнувањето може да биде:

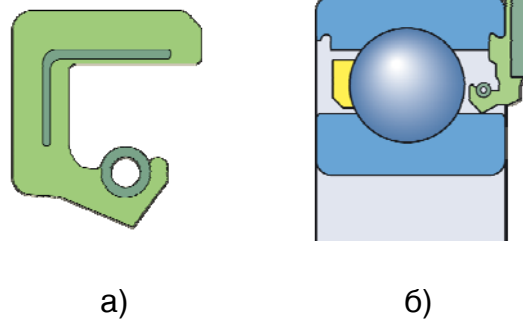
- со допир - филцни прстени и симеринг;
- без допир - лавиринтски затинки и центрифугално затнување.

Филцни прстени (сл.217) се применуваат при подмачкување на лежиштата со маст за работни температури до  $80^{\circ}\text{C}$ . Пред употреба филцните прстени се потопуваат во масло.



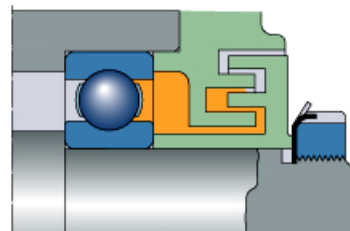
Сл.217. Видови филцни прстени

Симеринг, се применува кога има натпритисок од едната или од двете страни на лежиштето.



Сл.218. Симеринг: а) поединечно и б) поставен на лежиште

Лавиринтските затинки се применуваат при секакви брзини, додека центрифугалното затнување се применува само за големи брзини.



Сл.219. Лавиринтска затинка

### 3.10.3. Материјали за изработка на лежишта

#### 1. Материјали за изработка на лизгачки лежишта:

- Телото на лежиштата со лизгање се изработуваат од лиено железо и челичен лив за поголеми оптоварувања.
- Постелката за подмачкување треба да биде со мазна површина, со мал коефициент на суво триење и издолжување и добра топлотна спроводливост. Се изработува од бел метал (легура на калај, бакар, олово и антимон), или синтеровани материјали (металокерамички).
- Налевки се изработуваат од фосфорни бронзи отпорни на корозија.

#### 2. Материјали за изработка на тркалачки лежишта.

- Телото на тркалачките лежишта се изработува од сиво леено железо, челичен лив и дуралуминиум.

Деловите кои се тркалаат се изработуваат од легура на хром-никел, челик и од силициум-мангански челик, како и од керамички материјали.



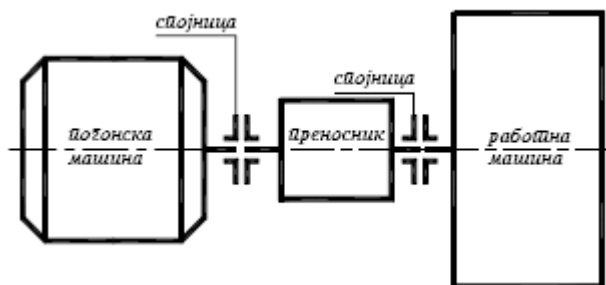
### 3.11. ЕЛЕМЕНТИ ЗА ПРЕНЕСУВАЊЕ МОКНОСТ (ПРЕНОСНИЦИ)

Рационалното искористување на материјата и енергијата овозможено е со посредство на машини со чија примена различни видови енергија се трансформираат во механичка енергија со која се извршува механичка работа. Според тоа, се разликуваат погонски и работни машини. Погонската машина овозможува трансформација на различни видови енергија (потенцијална, топлинска, електрична и др.) во механичка енергија која потоа со помош на работната машина се искористува за извршување на механичка работа. Погонската машина најчесто има голем број на зачестеност на вртежите, а со тоа и мал вртежен момент што значи дека може да совлада мали оптоварувања, додека работната машина најчесто е изложена на големи отпори и затоа потребно е малиот вртежен момент што го има погонската машина да се зголеми. Промената на вртежниот момент се овозможува со примена на посредна машина која се поставува помеѓу погонската и работната машина и се нарекува преносник.

Преносник е машинска група или машина која има задача да го соедини работното вратило на погонската машина со погонското вратило на работната машина и при тоа да овозможи промена на вртежниот момент и по потреба промена на насоката на вртење, промена на брзината или совладување на потребното растојание помеѓу погонската и работната машина.

За да ја извршува својата задача секој преносник треба да има најмалку две вратила на кои се поставени преносните елементи, односно елементите кои овозможуваат пренос на силината и промена на вртежниот момент од едното на другото вратило.

Вратилата на преносникот се потпираат на лежишта, а вратилата на погонската и работната машина се поврзуваат со спојници.



Сл.220. Врска на погонска и работна машина со преносник

Преносниците се применуваат кога има потреба од:

- зголемување или намалување на вртежниот момент  $T$ ;
- промена на насоката на вртење;
- распределба на силината на две или повеќе вратила;
- регулација на зачестеноста на вртежите и др.

Преносникот на работната машина ѝ пренесува вртежен момент што е доволен за совладување на отпорите.

Преносниците овозможуваат изградба на погонски машини со голема зачестеност на вртежите односно мали вртежни моменти. Ваквите брзоодни погонски машини заедно со преносникот имаат помали габаритни димензии, помала маса и се со пониска цена на чинење од погонска машина без преносник.

Преносникот овозможува совладување на поголеми растојанија помеѓу погонската и работната машина, доколку е тоа потребно. Понекогаш, задачата на преносникот е да врши само промена на аголната брзина без притоа да пренесува силина и да врши зголемување на вредноста на вртежниот момент (сметачки машини, брзиномери, поделбени апарати и сл.)

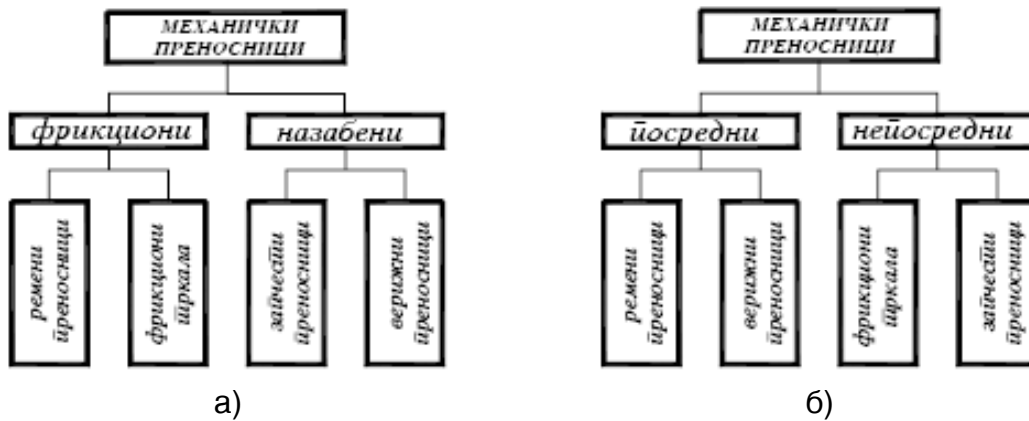
Постојат повеќе видови преносници и тоа: механички, електрични, хидраулични и пневматски.

Во машинството најмногу се применуваат механичките преносници.

### 3.11.1. Механички преносници

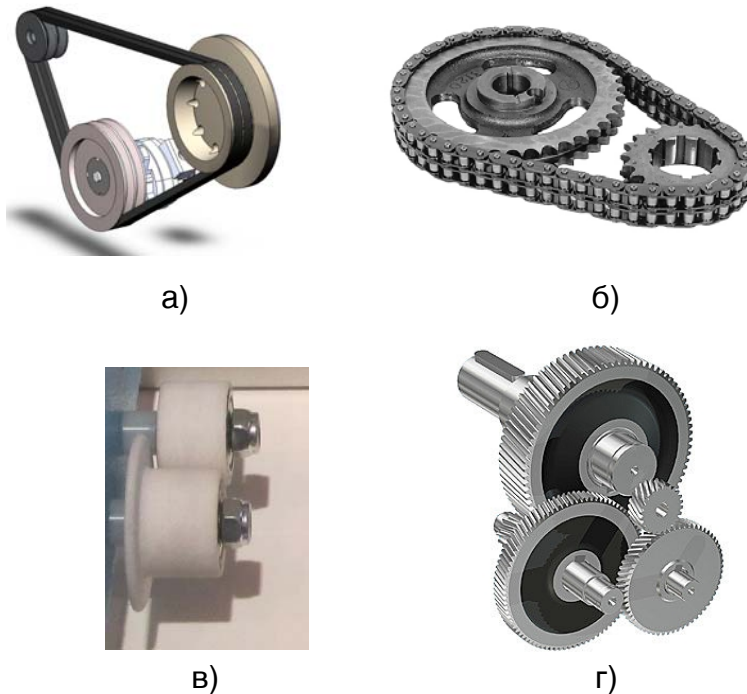
Механичките преносници пренесуваат силина односно вршат промена на вредноста на вртежниот момент или со прилепување по пат на триење (фрикција) или со спрегнување на назабени тркала и тоа со непосредно допирање на погонскиот и гонетиот елемент или посредно преку посредник.

Поделбата на механичките преносници може да се направи според принципот на работа (фрикциони и назабени) и според начинот на пренос на силината (посредни и непосредни).



Сл.221. Поделба на механичките преносници а) според принципот на работа (фрикциони и назабени) и б) според начинот на пренос на силината (посредни и непосредни)

Ремените фрикциони и верижните назабени преносници ја пренесуваат силината од погонското на работното тркало посредно преку ремен, односно верига, а фрикционите тркала и запчестите преносници, го прават тоа со непосреден заемен контакт на погонското и работното тркало.



Сл. 222. Видови механички преносници: а) ремени преносници, б) верижни преносници, в) фрикциони тркала и г) запчести преносници

Кај фрикционите тркала преносот на силината е со помош на триење на фрикционите површини на погонското и работното тркало, а кај запчестите преносници преносот се остварува по принуден пат со спрегнување на запците од едното и меѓузубјата на другото тркало. Верижните преносници вршат пренос на силината посредно со верига што се спрегнува со назабените венци на погонското и работното тркало.

Основна карактеристика на преносниците е преносниот однос. Претставува однос помеѓу аголната брзина на погонското вратило  $\omega_1$  и аголната брзина на работното вратило  $\omega_2$ , односно однос помеѓу бројот на вртежи на погонското  $n_1$  и работното вратило  $n_2$ .

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

Индексот „1“ се однесува на погонските елементи, а индексот „2“ се однесува на работните (гонетите) елементи.

Кај повеќестепените преносници преносниот однос се определува според равенката:

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_4 \dots$$

Доколку преносникот ја намалува зачестеноста на вртежи на работното тркало во однос на зачестеноста на погонското тркало се нарекува *редуктор*. Ако преносникот ја зголемува зачестеноста на вртежи на работното тркало се нарекува *мултипликатор*.

Доколку вредноста на преносниот однос е 1, вредноста на зачестеноста на вртежите на погонското и работното тркало се еднакви, преносникот може да овозможува промена на насоката на вртење или совладување на растојание помеѓу погонското и работното тркало, а не и промена на вредноста на вртежниот момент.

Степенот на искористување на преносникот претставува однос помеѓу моќноста на излезното (работното) вратило и моќноста на влезното (погонското) вратило, односно однос помеѓу добиената и вложената работа.

Степенот на искористување се пресметува според равенката

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}, \text{ каде што:}$$

$P_1$  - моќност на погонското вратило

$P_2$  – моќност на работното вратило

Бидејќи кај преносникот постојат загуби, дел од моќноста се троши за совладување на загубите. Поради тоа моќноста на излезното вратило е секогаш помала од онаа на влезното вратило, а степенот на искористување е секогаш помал од 1.

### 3.11.1.1. Фрикциони преносници

Кај фрикционите преносници во зависност од вредноста на граничната сила на триење, доаѓа до пролизгување и поради тоа тие не се погодни за вградување во машински конструкции кај кои е битно да се задржи точен и непроменет однос на аголните брзини на погонското и гонетото тркало во текот на работењето.

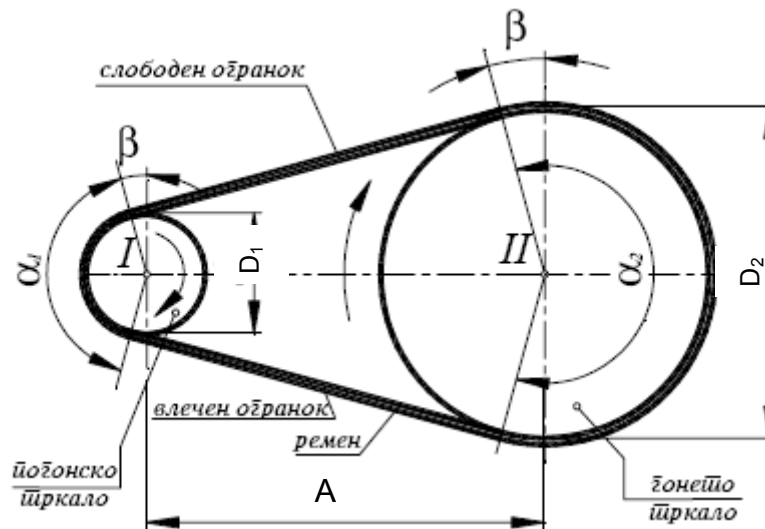
Посредните ремени преносници се употребуваат во машинските конструкции за поголеми растојанија помеѓу погонската и работната машина, а непосредните фрикциони тркала таму каде што тоа растојание е помало.

### Ремени преносници

Ремените преносници ја пренесуваат силината од погонската на приемната машина, со помош на ремен поставен околу два ременика со различни дијаметри. Ременот треба да биде доволно притегнат за да се создаде потребниот отпор против лизгање на ременот по ременикот. Силата која овозможува пренос од едниот на другиот ремен се јавува како резултат на триењето помеѓу допирните површини на ременот и ремениците.

Ремените преносници овозможуваат распределба на силината при големи меѓуоскини растојанија, имаат релативно едноставна конструкција и лесни се за одржување, се одликуваат со бесшумна работа и способност при ненадејни удари и преоптоварувања да овозможат лизгање на ременот, при што деловите на машината се заштитуваат од оштетување.

При поголеми преоптоварувања доаѓа до пролизгување на ременот по ременикот кое зависи од: обвивниот агол  $\alpha$ , состојбата на допирните површини (суви или мокри, мазни или рапави), од периферната брзина и др.



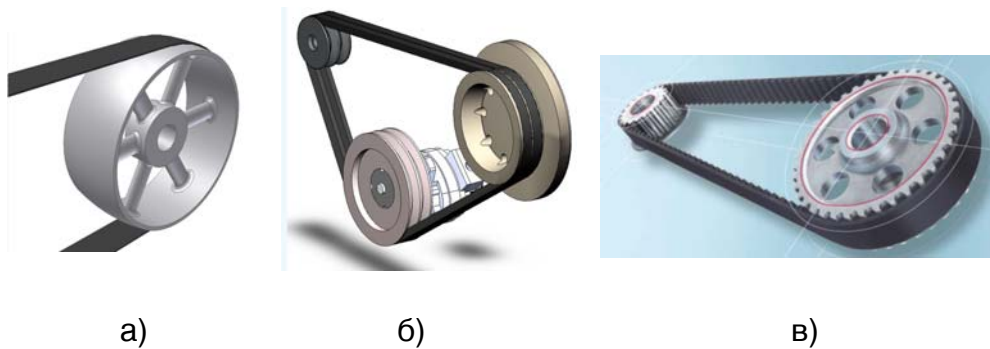
Сл.223. Шема на отворен ремен преносник

Поради пролизгувањето на ременот по ременикот, во текот на работата овие преносници немаат постојан преносен однос што резултира со непостојана зачестеност на вртежите на гонетиот ременик. Несигурноста на пренесувањето на вртежниот момент од погонското на гонетото тркало произлегува од растегнувањето на ременот. Поради потребата од претходно затегнување на ременот, ремените преносници предизвикуваат поголеми оптоварувања на лежиштата во вратилото од другите видови преносници.

Во текот на работата на ременот се разликуваат два огранока: влечен кој наидува кон погонскиот ременик и е повеќе затегнат и слободен огранок кој во истиот момент го напушта погонскиот ременик. Подобра е кога влечниот огранок е под слободниот, бидејќи тогаш обвивниот агол  $\alpha$  е поголем. Поголемиот обвивен агол дава поголема допирна површина помеѓу ременот и ременикот, со што се зголемува силината која треба да се пренесе. Зголемување на вредноста на обвивниот агол се постигнува со примена на различни конструктивни решенија.

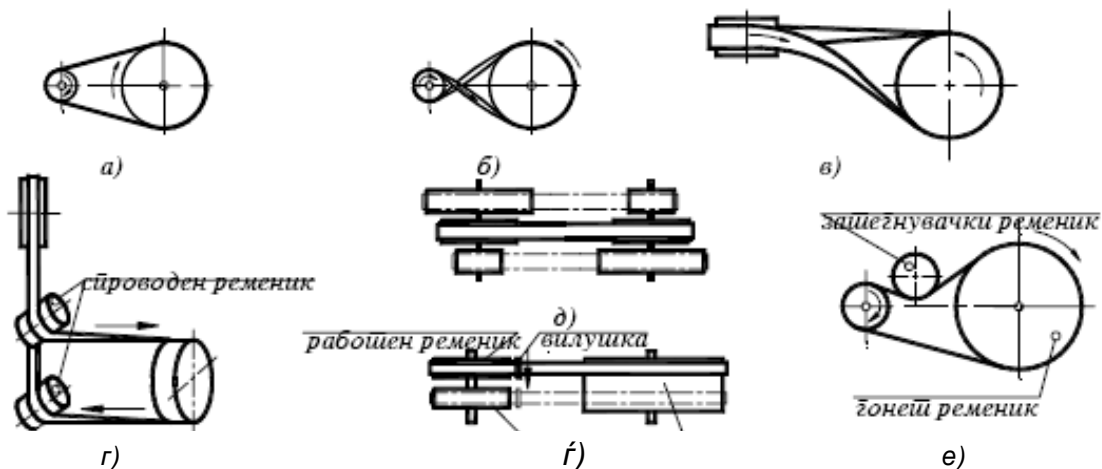
Видови ремени преносници

Според обликот на напречниот пресек на ременот се разликуваат преносници со плоснат (сл.224.а), трапезен - клинест (сл.224.б), и преносници со кружен напречен пресек на ременот. Постојат и ремени преносници со запчест профил по должината на ременот (сл.224.в).



Сл.224. Ремени преносници со: а) плоснат, б) клинест и в) назбен ремен

Во зависност од положбата на ремениците и ременот, ремените преносници со плоснат ремен можат да бидат: отворени, вкрстени, полувкрстени, со спроводни ременици, степенести, со еден слободен ременик и со затегнувачки ременик (сл.225).



Сл.225. Видови преносници со плоснат ремен: а) отворени; б) вкрстени; в) полувкрстени; г) спроводни; и д) степенести ременици; е) со еден слободен ременик и е) со затегнувачки ременик

Кај ремените преносници со *отворен ремен*, ремениците се вртат во иста насока, а поради нивната едноставност, најмногу се употребуваат.

Кога ременот се наоѓа во влечниот огранок ќе биде повеќе истегнат, а кога ќе биде во слободниот огранок истегнувањето ќе биде помало.

Кога делот од ременот се наоѓа кај помалиот ременик свиткувањето на ременот ќе биде поголемо, а кога истиот тој дел од ременот ќе дојде кај поголемиот ременик свиткувањето ќе биде помало.

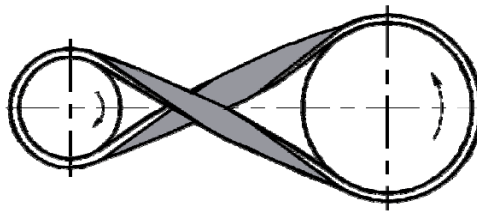
Неповолното дејство на свиткувањето уште повеќе е изразено кога преносникот има ременик за затегнување поставен од надворешната страна на ременот. Тогаш, наместо еднонасочни се јавуваат наизменични променливи напони на свиткување.

Промената на напоните во единица време многу влијаат врз издржливоста на ременот.

Со тек на време ременот се растегнува и можно е да дојде до негово пролизгување по ремениците.

Кај преносниците со *вкрстен ремен* ремениците се вртат во спротивна насока.

Вкрстените ремени имаат поголем обвивен агол на ременот околу ременикот, па лизгањето кај нив е послабо, а со тоа се овозможува пренесување на поголеми вртежни моменти при иста сила на затегнување.

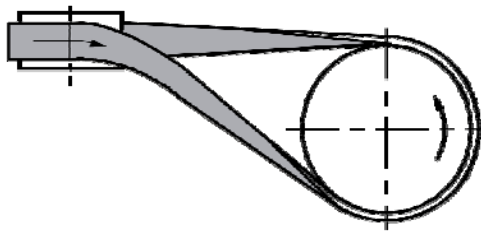


Сл.226. Преносник со вкрстен ремен

Поради вкрстувањето во ременот владеат зголемени напони, а на местото на вкрстувањето се појавува интензивно триење и трошење на ременот.

Кога погонското и гонетото вратило се разминуваат се применува *полу-вкрстен ремен*, кој би испаднал во почетокот на работата доколку насоката на вртење е спротивна од прикажаната. Кај нив средната линија на огранокот на ременот што наидува мора да се поклопува со средната линија на ременикот.

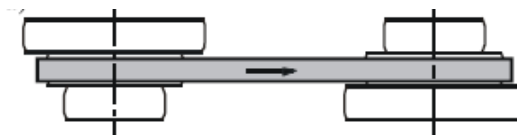




Сл.227. Преносник со полувкрстен ремен

Кога не е можно да биде исполнет овој услов, се поставуваат *спроводни ременици*. Вратилата во таков случај можат да бидат во произволна положба.

*Степенестите ременици* овозможуваат промена на зачестеноста на вртежите со префрлување на ременот од едниот на другиот погонски ременик.



Сл.228. Преносник со степенести ременици

Работното вратило кај овој вид преносници е со најголем број вртежи кога ременот е поставен на работниот ременик кој има најголем дијаметар и на погонскиот ременик со најмал дијаметар. За правилно искористување на степенестиот преносник потребно е еден ист ремен (со еднаква должина) да може да се употребува за сите парови погонски и работни ременици односно, за сите преносни односи кај степенестиот преносник. Промената на преносниот однос се изведува кога преносникот не е вклучен.

Кај ремените преносници со *еден слободен ременик*, на погонското вратило е поставен ременик со поголем дијаметар, а на работното вратило поставени се два помали ременика. Едниот ременик од работното вратило може слободно да се поместува околу вратилото бидејќи е поврзан со лежишта. Во текот на работата на погонското вратило ременот може да се преместува од едниот на другиот ременик од работното вратило.

Бидејќи во текот на времето затегнатите ремени се издолжуваат, а со тоа се намалува и силата на триење која го овозможува преносот неопходно е ремените да се затегнуваат. Затегнувањето на ременот врз ремениците за создавање на сила на триење, може да биде со поставување на ременот во затегната состојба или пак со посебни конструктивни изведби за затегнување и со примена на затегнувачки ременик. Ременикот за затегнување ако е поставен од надворешната страна на ременот го зголемува опфатниот агол, па се применува особено за преносници поставени во вертикална положба.

Кај ремените преносници со *клинест ремен*, работната површина ја претставуваат бочните страни на ременот.

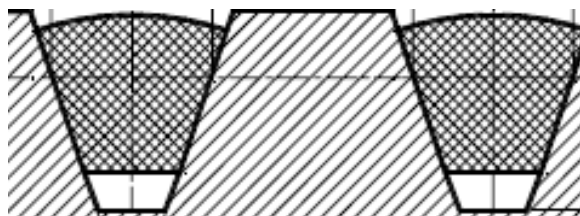
Клинестите ремени го добиле името според тоа што по притегањето се заклинуваат во соодветен жлеб на ремениците, а се викаат уште и трапезни затоа што нивниот напречен пресек претставува трапез (сл.229).



структура на пресекот

Сл.229. Попречен пресек на клинест (трапезен) ремен  
0-гумирано платно; J-челични влакна; I – гума

Обликот на венцот за клинести ремени мора да одговара на обликот на ременот (сл.230).



Сл.230. Профил на жлебот на венцот од ременикот за клинест ремен

Клинестите ремени овозможуваат поголем отпор против лизгање, а со тоа поголем преносен однос и поголем степен на искористување. Меѓуоскините растојанија можат да бидат помали, со помали пречници на ремениците, а со тоа се добива конструкција која зафаќа помал простор.

Поради клинештиот профил на ременот, при еднаква сила на затегнување со овој ремен се обезбедува поголема притисна сила во однос на преносот со плоснат ремен. Долниот дел од ременот не смее да допира на ременицата, затоа што во тој случај клинештиот ремен ќе се однесува како плоснат.

Обликот, димензиите и материјалот на клинестите ремени се стандардизирани.

Клинестите ремени преносници може да бидат со постојан или променлив преносен однос (варијатори). Променливиот преносен однос се постигнува со промена на пречниците на ремениците.

### *Материјали за изработка на ремени и ременици*

Потребни се различни материјали во зависност од обликот и функцијата на ремениците.

*Плоснатите ремени* се одликуваат со мала дебелина во однос на широчината на нивниот напречен пресек. Малата дебелина е последица на стрежемот напонот од свиткување околу ремениците да биде колку што е можно помал.



Сл.231. Елементи на плоснат ремен

Кожата е еден од материјалите за изработка на плоснатите ремени кој природно го исполнува овој услов.

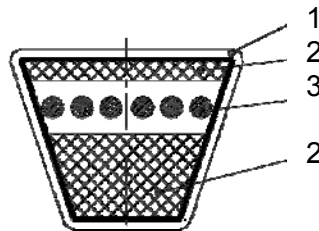
Кожените ремени имаат мошне добар коефициент на триењето, како и поголема вредност на модулот на еластичноста што им овозможува да се применуваат за поголеми пречници на ремениците.

Покрај кожени, плоснатите ремени се изработуваат и од гумиран или негумиран текстил.

Текстилните гумирани ремени се составени од неколку слоеви ткаенина, кои меѓусебно се поврзани со вулканизирана гума.

Текстилните ремени се изработуваат во бесконечни ленти. Тие имаат помала статичка и динамичка издржливост, како и помал коефициент на триење од другите ремени и се употребуваат за пренос на мали оптоварувања, а поради големата еластичност се применуваат за мали пречници на ремениците. Се изработуваат првенствено од памук, комбинација на памук и волна и комбинација на памук и свила.

*Клинестите ремени се изработуваат како бесконечни стандардни елементи со пропишана должина, широчина и дебелина, најчесто од гума армирана со текстилни, а во последно време и со челични влакна (сл.232).*



Сл.232. Елементи на клинест ремен: 1-гумирано платно, 2-гума, 3-челични влакна

Ремениците се изработуваат од сив лив, дрво, алуминиумски легури, месинг, бронза, а некои ременици за клинесте ремени се изработуваат од пресуван лим. Освен дрвените и челичните, ремениците изработени од друг материјал најпрво се леат, а потоа венецот и отворот на главнината се обработуваат со стружење.

#### *Пресметки на ремени преносници*

Со затегнување на ременот врз ремениците, на допирната површина се создава сила на триење која овозможува делот од ременот што се наоѓа врз погонскиот ременик да има иста брзина со ременикот.

$$v_1 = \frac{\pi D_1 n_1}{60}, \text{ каде што:}$$

$v_1$  [m/s]- брзина на вртење на погонскиот ременик

$D_1$  [m] - дијаметар на погонскиот ременик

$n_1$  [min<sup>-1</sup>] - број на вртежи на погонскиот ременик

Бидејќи ременот има иста брзина во која и да било точка  $v_1 = v_2 = v$ , следува :

$$\frac{\pi D_1 n_1}{60} = \frac{\pi D_2 n_2}{60} \quad D_1 n_1 = D_2 n_2$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

Бидејќи скоро секогаш се јавува определено лизгање меѓу ременот и ремениците, ременот на погонскиот ременик има помала брзина од ременикот, а пак работниот ременик има помала брзина од ременот. Како резултат на разликата во брзините на ременот и ремениците во равенката за преносниот однос се зема во предвид коефициентот на лизгање  $\xi$ , кој се движи во граници од 0,97 до 0,99 во зависност од тоа како е затегнат ременот и од работните услови на преносникот.

Преносниот однос кај ременските преносници се определува со равенката:

$$i = \frac{D_2}{D_1 \xi} = \frac{n_1}{n_2}, \quad \text{каде: } i - \text{ преносен однос}$$

$D_1$  [mm] – дијаметар на погонскиот ременик

$D_2$  [mm] – дијаметар на приемниот ременик

$n_1$  [врт/min] – број на вртежи на погонскиот ременик

$n_2$  [врт/min] – број на вртежи на приемниот (гонетиот) ременик

$\xi$  – коефициент на лизгање

Ако не се бара точно пропишана вредност на преносниот однос, тогаш се стандардизираат дијаметрите на двата ременика и тоа погонскиот ременик на првиот поголем стандарден дијаметар и приемниот ременик на првиот помал стандарден дијаметар.

Стандардните дијаметри на ремениците за плоснати и трапезни ремени дадени се во таб.15.

Таб.15. Стандардни дијаметри на ременици

Стандардни дијаметри на ременици за плоснати ремени [mm]											
40	63	90	125	180	250	355	500	710	1000	1400	2000
45	71	100	140	200	280	400	560	800	1120	1600	2240
50	80	112	160	224	315	450	630	900	1250	1800	2500

Стандардни дијаметри на ременици за трапезни ремени [mm]										
47.5	67	95	132	190	265	400	560	800	1250	
50	71	100	140	200	280	425	600	900	1400	
53	75	106	150	212	300	450	630	1000	1500	
56	80	112	160	224	315	475	670	1060	1600	
60	85	118	170	236	355	500	710	1120	1700	
63	90	125	180	250	375	530	750	1180	1800	

Факторот на влечна способност на ременот  $\Psi$  секогаш има вредност помала од 1 и преку неговата вредност може да се види дали ремениот преносник е доволно искористен. Малите вредности на  $\Psi$  покажуваат дека ременот не е доволно искористен, додека при поголеми вредности на  $\Psi$  можно е да дојде до пролизгување на ременот. Факторот на влечна способност на ременот најчесто има вредности од 0,3 до 0,8 и се определува по равенката:

$$\Psi = \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha} + 1}; \quad \text{каде:}$$

$\Psi$  - фактор на влечна способност на ременот

$$e = 2,72$$

$\mu = 0,22 + 0,012v$  - коефициент на триење ,

$$v \text{ [m/s]} = \frac{\pi D_1 n_1}{60} \text{ - периферна брзина , каде:}$$

$D_1$  [m] – дијаметар на погонскиот ременик

$\alpha$  [rad] – обвивен агол кој се пресметува по равенката:

$$\alpha [^\circ] = 180^\circ - 2\beta, \quad \text{каде}$$

$$\beta = \arcsin \frac{R_2 - R_1}{A} \text{ и:}$$

$R_1$  [mm] – радиус на погонскиот ременик

$R_2$  [mm] – радиус на приемниот ременик

$A$  [mm] – меѓуоскино растојание

$$\alpha[\text{rad}] = \alpha[^\circ] \cdot \frac{3,14}{180}$$

$$L = (R_1 + R_2)\pi + 2A\cos\beta + \frac{\beta\pi(R_2 - R_1)}{90}$$

$L$  [mm] – приближна должина на ременот

Пресметаната вредност за должината на ременот треба да се стандардизира и врз основа на усвоената пресметана и стандардизирана должина на ременот треба да се определи вистинското меѓуоскино растојание по равенката:

$$A = \frac{1,01L - (R_1 + R_2)\pi - \frac{\beta\pi(R_2 - R_1)}{90}}{2\cos\beta}$$

Во равенката за определување на вистинското меѓуоскино растојание земено е дека ременот е за 1% со поголема должина од усвоената стандардна должина за да се постигне претходно притегање на ременот.

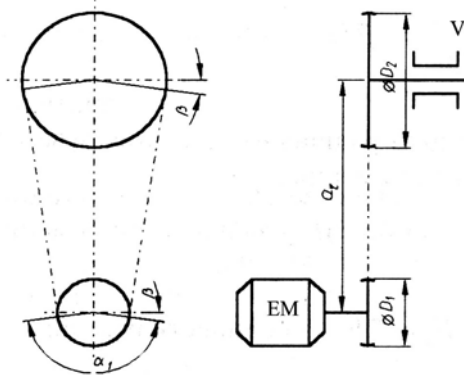
Таб.16. Стандардни должини на ремени

Стандардни должини на плоснати ремени [mm]										
500	600	710	850	1000	1180	1400	1700	2000	2800	4000
530	630	750	900	1060	1250	1500	1800	2240	3150	4500
560	670	800	950	1120	1320	1600	1900	2500	3550	5000

Стандардни должини на трапезни ремени [mm]										
200	280	400	560	800	1120	1600	2240	3150	4500	6300
224	315	450	630	900	1250	1800	2500	3550	5000	7100
250	355	500	710	1000	1400	2000	2800	4000	5600	8000

## Пример.бр.4.

На сликата даден е шематски приказ на ремен преносник со трапезен ремен. Дијаметарот на погонскиот ременик е  $D_1 = 50 \text{ mm}$ , и дијаметарот на приемниот ременик е  $D_2 = 125 \text{ mm}$ . Зачестеноста на вртежите на електро-моторот е  $n_{em} = 420,15 \text{ min}^{-1}$ . Да се определи факторот на влечна способност на ременот и неговата приближна должина. Меѓускиното растојание треба да биде  $A=1,3(D_1+D_2)$ .



Решение:

$$\Psi = \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha} + 1} - \text{фактор на влечна способност на ременот}$$

$$\mu = 0,22 + 0,012v - \text{коэффициент на триење}$$

$$v = \frac{\pi D_1 n_{em}}{60} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot 420,15}{60} = 1,099 \text{ [m/s]} - \text{периферна брзина}$$

$$\mu = 0,22 + 0,012 \cdot 1,099 = 0,233$$

$$\alpha [^\circ] - \text{обвивен агол} = 180 - 2\beta$$

$$\beta = \arcsin \frac{R_2 - R_1}{A} = \arcsin \frac{60 - 25}{A}$$

$$A = 1,3(D_1 + D_2) = 1,3(50 + 125) = 227,5 \text{ mm}$$

$$\beta = \arcsin 0,165 = 9,48$$

$$\alpha = 180 - 2\beta = 180 - 2 \cdot 9,48 = 161^\circ$$



$$\alpha[\text{rad}] = \frac{3,14}{180} \cdot \alpha[^\circ] = \frac{3,14}{180} \cdot 161,78 = 2,8$$

$$\Psi = \frac{e^{0,233 \cdot 2,8} - 1}{e^{0,233 \cdot 2,8} + 1} = \frac{1,92 - 1}{1,92 + 1} = 0,315$$

$$L = (R_1 + R_2)\pi + 2A \cos \beta + \frac{\beta \pi (R_2 - R_1)}{90} - \text{приближна должина на трапезен}$$

ремен

$$L = (25 + 62,5) \cdot 3,14 + 2 \cdot 227,5 \cos 9,48 + \frac{9,48 \cdot 3,14 (62,5 - 25)}{90} = 736 \text{ mm}$$

## Фрикциони парови

Фрикционите парови се непосредни фрикциони преносници кои се составени од погонско и работно (гонето) тркало кои се во непосреден односно, директен контакт и се применуваат за мали меѓуоскини растојанија.

Фрикционите тркала најчесто се со рамни допирни површини каде преносот на силината од едното на другото тркало се остварува со притисна сила која ќе обезбеди доволен коефициент на триење, односно отпор од лизгање.

Преносниот однос кај фрикционите парови се определува по следнава равенка:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{\xi D_1}$$

каде што:

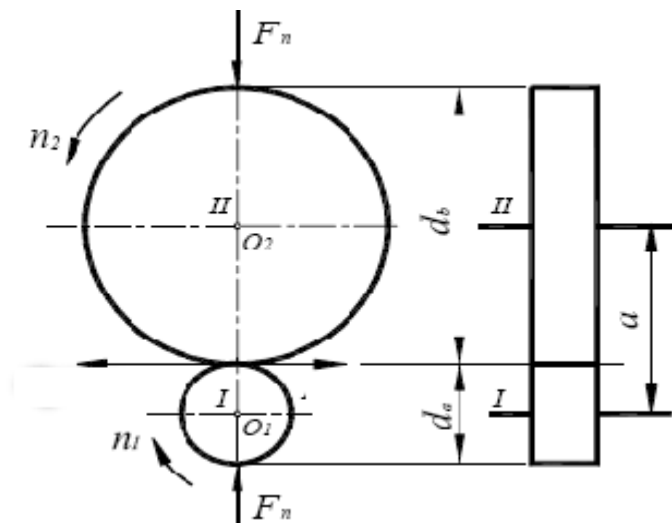
$\xi$  - фактор на поправка поради лизгањето (коефициент на лизгање)

Коефициентот на лизгање го вклучува лизгањето помеѓу допирните површини на двете тркала кое се јавува како последица на еластичноста на материјалот од кој се изработени и како резултат на отстапувањето на допирните површини како последица на неточноста во изработката.

Ако преносниот однос е поголем од единица, фрикциониот преносник работи како редуктор, а доколку е помал од единица работи како мултипликатор.

Фрикционите тркала може да се изведат и како варијатори кога е потребно да се менува вредноста на преносниот однос во текот на работата и како такви се применуваат за континуирано менување на бројот на вртежите на работното вратило.

Фрикционите парови имаат широка примена во машиноградбата и тоа кај погони на преси, машини алатки, градежни машини, најчесто се среќаваат како варијатори.



Сл. 233. Шематски приказ на цилиндричен фриксионен пар

Предности на фриксионите парови се следниве нивни карактеристики:

- проста конструкција што зафаќа мал простор;
- едноставни за изработка мазни или најлебени работни површини;
- тивка работа и рамномерен пренос на вртежниот момент;
- амортизирање на евентуалните удари при преоптоварување со пролизгување;
- можност за вклучување и исклучување во текот на работата со можност за промена и регулација на вртежите.

Недостатоци на фриксионите парови се:

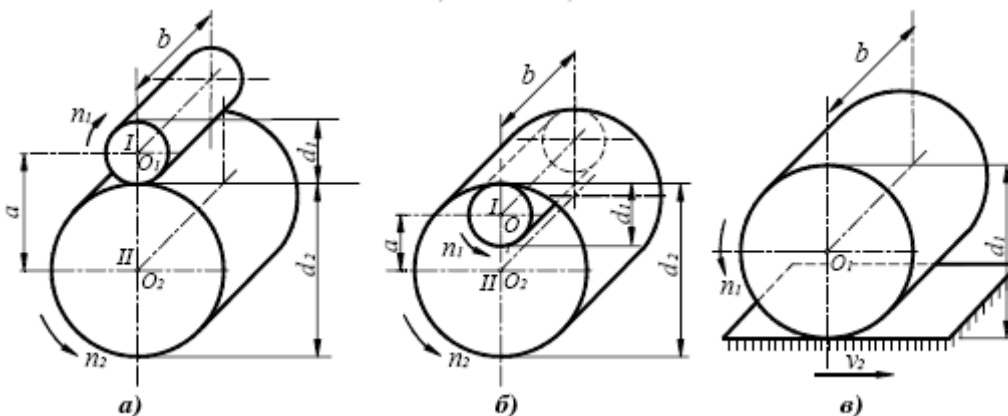
- непостојан преносен однос во текот на работата,
- интензивно и нерамномерно абење на работните површини заради пролизгување во текот на работата,
- значително оптоварување на вратилата и нивните лежишта
- релативно низок степен на искористувањето  $\eta = 0,80 - 0,92$ .

Конструктивната изведба на фриксионите парови зависи, главно од меѓусебната положба на вратилата на кои тие се поставуваат и од материјалот од кој се изработуваат.

Според положбата на вратилата на кои се поставени, фриксионите парови може да бидат изведени како:

- цилиндрични фрикцииони парови за паралелни вратила;
- конусни фрикцииони парови за вратила кои се сечат;
- хиперболоидни фрикцииони парови за вратила кои се разминуваат.

Најчесто се применуваат цилиндричните фрикцииони парови и тие можат да бидат изведени како надворешни, внатрешни или како рамнински фрикцииони парови. Кај надворешните цилиндрични фрикцииони парови двете тркала се со различна насока на вртење додека, кај внатрешните фрикцииони парови насоката на вртење на тркалата е иста.



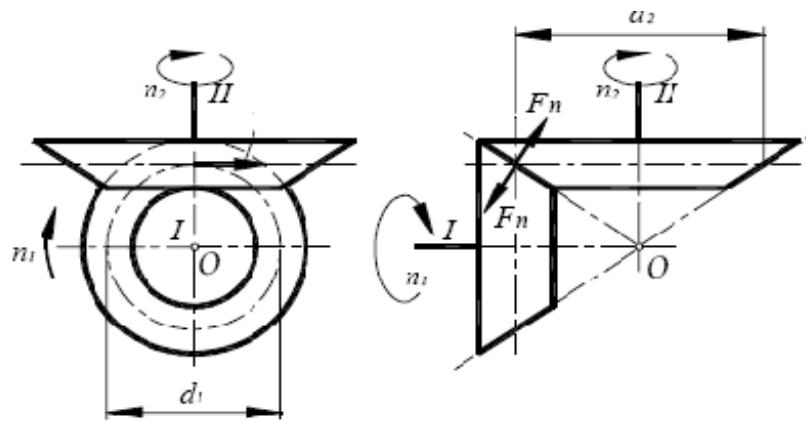
Сл.234. Фрикцииони парови со: а) цилиндричен надворешен, б) внатрешен и в) рамнински пар

Широчината на фрикциионите тркала не треба да биде многу голема, бидејќи тогаш тешко се постигнува правилно налегнување на допирните површини.

Дијаметарот на помалото фриксионо тркало се избира по потреба или е конструктивно зададен, а дијаметарот на поголемото тркало ќе се добие во зависност од дадениот или саканиот преносен однос. При изборот на дијаметрите треба да се земе во предвид периферната брзина.

За вратила кои се сечат под некој агол се применуваат конусни фриксиони тркала.

Кај конусните фриксиони тркала, врвовите на конусите мора да се сечат во една заедничка точка за да не се појавува лизгање по допирната површина.



Сл.235. Шематски приказ на конусен фриксионен пар

### Материјали за изработка на фриксиони парови

Од правилниот избор на материјалот за изработка на фриксионите тркала зависи исправноста во работата и трајноста на фриксиониот преносник.

Материјалите кои се применуваат за изработка на фриксионите тркала треба да ги задоволуваат следниве барања:

- голем модул на еластичност за да се спречат поголемите деформации на допирните површини;
- голем коефициент на триење за да се намали силата на притисок на погонското и работното тркало.

При изработката на фриксионите парови најчесто се користат следните комбинации од материјал на фриксионите површини:

- челик / челик - одговара за големи оптоварувања, но поради малиот коефициент на триење доаѓа до големи оптоварувања на вратилата и нивните лежишта;
- сив лив / сив лив или челик - за поголеми и сложени облици на фриксионите тркала и за тркала на отворен простор;

- неметална облога / челик или сив лив - одговара за помали оптоварувања, има најголем коефициент на триењето па вратилата се помалку оптоварени;
- облогата може да биде од: гума, кожа, пресована хартија или вештачки материјали, се разбира на големото тркало.

Во случај кога погонското и работното тркало се изработуваат од различни материјали, тогаш погонското тркало треба да се изработи од материјал кој што помалку се троши.

## Запчести преносници

Запчестите преносници се непосредни преносници кои вртежниот момент од погонското го пренесуваат на работното вратило, принудно, без лизгање, со помош на запци по нивниот обем. Затоа запчестите преносници имаат широка примена секогаш кога треба да се постигне постојан преносен однос и сигурен пренос на вртежниот момент.

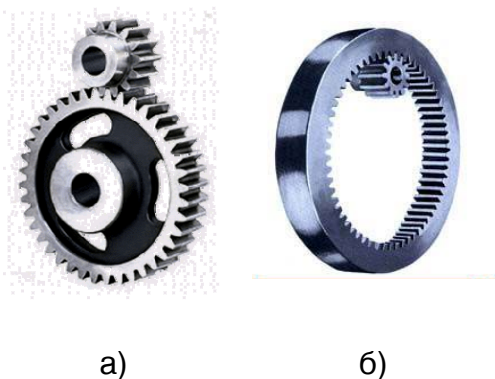
Запчестите преносници се составени од два запченици, погонски запченик кој е поставен на погонското вратило и работен запченик кој е поставен на работно вратило. Запците од едниот запченик навлегуваат во меѓузабијата на другиот запченик и на тој начин запчениците се во спрега.

Постојат повеќе конструктивни изведби на запчестите преносници во зависност од обликот и намената на запчениците што ќе се применат при конструкцијата на преносникот.

Според меѓусебната положба на вратилата на кои се поставени, запчестите преносници може да бидат изведени како:

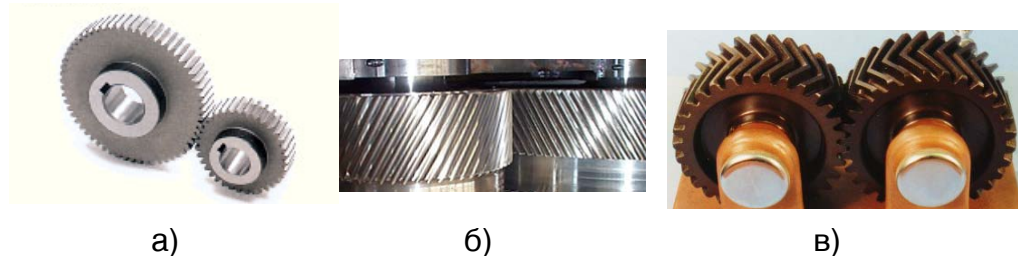
- цилиндрични запчести парови за паралелни вратила;
- конусни запчести парови за вратила чии оски се сечат;
- хиперболоидни парови за вратила чии оски се разминуваат.

За паралелни вратила запчестите преносници се изведуваат како цилиндрични надворешно спрегнати запчести парови со прави, коси или стрелести запци (сл.237) и како внатрешно спрегнати запченици со прави и коси запци.



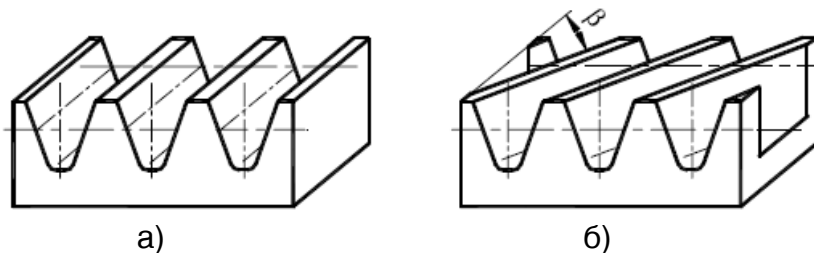
Сл.236. Цилиндрични запчести парови за паралелни вратила:  
а) надворешен и б) внатрешен запчест пар

Двата запченика кај надворешниот запчест пар се назабени од надворешната страна, а кај внатрешниот пар големиот запченик е назабен од внатрешната, а малиот од надворешната страна на тркалото (сл.236).



Сл.237. Надворешно спрегнати цилиндрични запчести парови со :  
а) прави, б) коси и в) стрелести запци

Ако дијаметарот на едниот запченик е бесконечно голем, тогаш тој преминува во назабена летва а спрегнувањето е рамнинско (сл.239) при што во спрега се надворешно назабен запченик и назабена летва со прави (сл.238.а) или коси запци (сл.238.б).



Сл.238. Назабена летва со: а) прави и б) коси запци

Назабената летва ги дефинира запците кај цилиндричните запченици, па со стандарди е утврден профилот на нејзините запци кој се нарекува стандарден профил. Стандардниот профил претставува геометриска слика која го определува обликот на профилот на запците на основната назабена летва кај цилиндричните еволвентни запченици.



Сл.239. Рамнинско спрегнување



За вратила чии оски се сечат, запчестите преносници се изведуваат со конусни запченици со прави, коси или криви запци (сл.240).



а)

б)

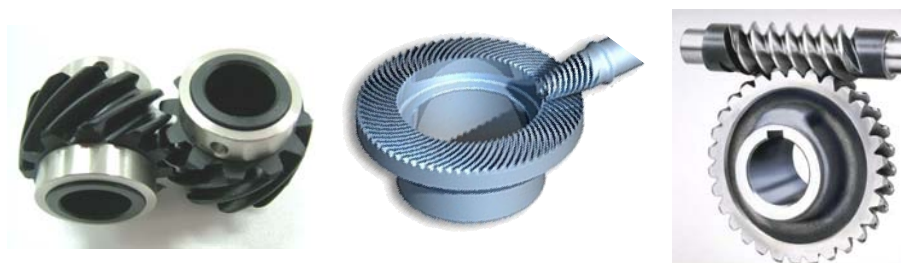
в)

Сл.240. Конусни запченици за вратила што се сечат со:  
а) прави запци; б) коси запци и в) криви запци

За да можат кинематските конуси при работа да се тркалаат еден по друг без лизгање, нивните врвови треба да бидат во заедничка точка.

Конусните запченици со коси и криви запци се одликуваат со поголем степен на спрегнување на забецот, потивко работат од оние со прави запци, применливи се за поголеми преносни односи и брзини, како и за поголеми силини.

За вратила кои се разминуваат (сл.241) запчестите парови се хиперболоидни, но се изведуваат како цилиндрични запченици со коси запци, конични со хипоидни запци и како полжавест запчест пар.



а)

б)

в)

Сл.241. Запчест пар за вратила што се разминуваат: а) цилиндрични запченици со коси запци, б) конични со хипоидни запци, и в) полжавест запчест пар

Кај запчениците со прави запци и најмали отстапувања од точните димензии доведува до појава на удари.

Кај запчениците со коси запци спрегнувањето на запците од едниот запченик во меѓузабието на другиот запченик е постепено и како последица на тоа имаат мирна работа односно, не предизвикуваат бучава во текот на работата. Изработката на запченици со коси запци е посложена и поскапа и таквите запченици имаат помал степен на искористување.

Цилиндричните запченици со коси запци работат потивко од оние со прави запци, а нивна негативна страна е што ги оптоваруваат вратилата и со аксијални сили, при што е потребно вградување на аксијално лежиште во едната потпора на вратилото.

Конусните запчести парови со прави запци се применуваат за споредни цели, т.е. за мали брзини и оптоварувања, додека за одговорни намени предвид доаѓаат коничните запченици со криви запци, на пример кај автомобилските диференцијали. Како конични запченици со коси запци ретко се употребуваат.

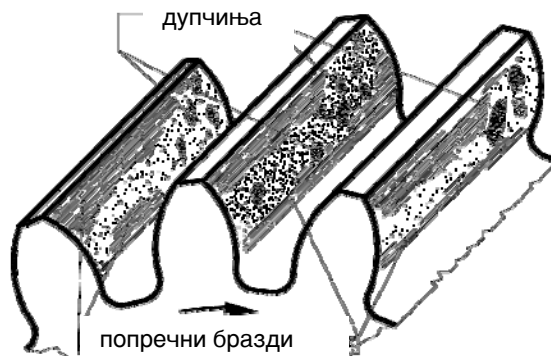
Преносниците со цилиндрични запченици се применуваат како за мали така и за средни и поголеми вредности на силината, конусните обично за средни и мали силини.

Полжавестите запчести парови се применуваат за вратила чии оски се разминуваат за  $90^{\circ}$ . Погонски запченик е секогаш полжавот - навојно вретено навлечено на вратилото или изработено на него, а работен запченик е полжавестиот запченик. Бидејќи полжавот е со мал дијаметар, а полжавестиот запченик со голем дијаметар, полжавестиот преносник е секогаш редуктор. Полжавестите парови пренесуваат големи оптоварувања, се одликуваат со тивка и бесшумна работа, имаат збиена конструкција, долг работен век, меѓутоа бараат точна и прецизна изработка и монтирање, и кај нив се јавува големо триење. Поради триењето доаѓа до затоплување при работата, при што често се јавува потреба од разладни системи. Големото триење го намалува степенот на искористување кој изнесува  $\eta = 0,75 \div 0,9$  кој што е значително понизок во однос на сите други запчести преносници.

Запците како најважни делови на запчениците, во текот на работата се изложени на различни оптоварувања и напрегнувања. Наизменичното навлегување на запците во спрега доведува до нивно постојано оптоварување, при што боковите на запците се лизгаат еден во однос на

друг, со помала или поголема брзина со што можно е да се предизвикаат најразлични оштетувања и разорување на запците, како и нивно кршење. Разорувањето и трошењето на запците настанува како последица на контактниот притисок што се јавува помеѓу нив. Трошењето може да биде во форма на попречни бразди кои настануваат поради триењето, или во облик на дупчиња на испакнатиот дел од забецот поради гмечењето на запците.

Кршењето на запците е оштетување на запченикот кое доведува до неупотребливост на запченикот, а предизвикува и оштетување на другите делови на преносникот, вратилата, лежиштата и др. Се јавува како последица на зголеменото напрегнување на свиткување во коренот на забецот, замор на материјалот поради променливите оптоварувања и големо смалување на димензиите на запците како последица на површинските разорувања.



Сл.242. Оштетување на страните од боковите на запците

### *Предности и недостатоци на запчестите преносници*

Запчестите преносници во однос на другите видови преносници ги имаат следниве предности:

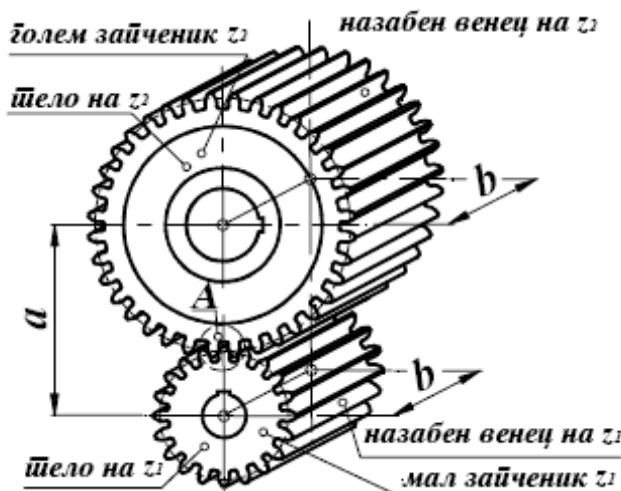
- одговараат за широк дијапазон на силини и брзини;
- релативно малку ги оптоваруваат вратилата и нивните лежишта;
- при добра и прецизна изработка имаат висок степен на искористувањето (дури и до  $\eta = 0,99$ );
- со добро подмачкување и при затворена изведба можат да работат и повеќе години;
- константна вредност на преносниот однос;
- сигурност во работата.

Како недостатоци кај запчестите преносници се сметаат:

- сложената изработка и монтажа на запчениците;
- голем шум во работата, особено при неточна изработка и монтажа;
- недоволна сигурност од кршење и површинско оштетување на запците.

### Основни димензии на запченикот

Секој запченик се состои од тело што може да има најразличен облик и конкретна конструктивна форма и назабен венец, што се состои од запци и меѓузабја.



Сл.243. Надворешно спрегнат цилиндричен запчест пар

Меѓузабјето може да се дефинира како простор помеѓу два соседни запци на назабениот венец од запченикот.

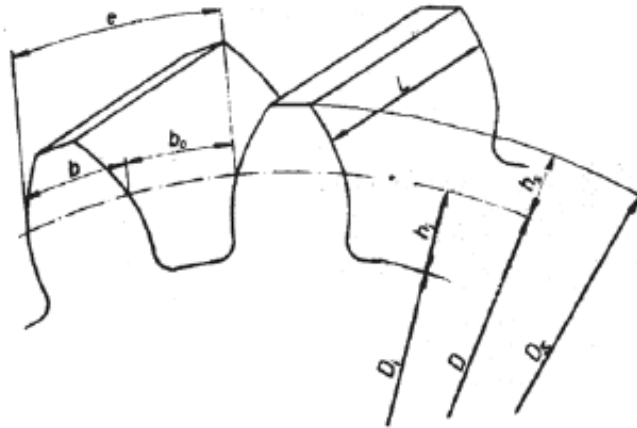
По височина запците се ограничени со темена, а меѓузабјата по длабочина со подножна површина.

По должина запците и меѓузабјата се ограничени со предна и задна челна површина.

Поделбениот круг односно цилиндар, го дели забецот на два дела и тоа: глава и нога на забецот. Тој, како и основниот круг се замислени, за разлика од темениот и подножниот круг кои се реални.

Точката во која се допираат двата поделбени круга на спрегнатите запченици се нарекува кинематички пол на спрегнатиот пар запченици. Темениот круг, односно цилиндар е дефиниран со темената површина на

запците, а подножниот со подножната површина на меѓузубјата од назабениот венец на запченикот.



Сл.244. Основни димензии на запченикот

$D_s$ - пречник на темениот круг	$D_s = m(z+2)$
$D$ – пречник на делителниот круг	$D = D_s - 2h_s$
$D_i$ – пречник на подножниот круг	$D_i = m(z - 2.4)$
$h$ – висина на забот	$h = h_s + h_i$
$h_s$ – темена висина	
$h_i$ – подножна висина	
$e$ - чекор на забецот	$e = D\pi/z = m\pi = b + b_0$
$m$ – модул на запченикот	$m = D/z = e/\pi$
$z$ – број на заpci на запченикот	
$b$ – дебелина на забот	
$b_0$ – широчина на меѓузубјето	
$L$ – должина на забецот	$L = \psi m$
$\psi$ - фактор на должина на забецот	$\psi = 10 \div 15$

$$i = \frac{n_1}{n_2}, \text{ каде:}$$

$i$  - преносен однос на парот спрегнати запченици

$n_1$  [ $\text{min}^{-1}$ ] – број на вртежи на погонското вратило

$n_2$  [ $\text{min}^{-1}$ ] – број на вртежи на приемното вратило

$$A = \frac{(i+1)D_1}{2} = \frac{(i+1)D_2}{2i} = \frac{m(z_2 + z_1)}{2}, \quad \text{каде:}$$

$A$  [mm] - оскино растојание помеѓу запчениците

$D_1$  [mm] – дијаметар на погонскиот запченик

$D_2$  [mm] – дијаметар на приемниот запченик

$z_1$  – број на запки на погонскиот запченик

$z_2$  – број на запки на приемниот запченик

$m$  [mm] – модул

$$e = \frac{D_1\pi}{z_1} = \frac{D_2\pi}{z_2} = m\pi, \quad \text{каде: } e \text{ [mm] - чекор на забецот}$$

$$v_1 = v_2 = \frac{\pi D_1 n_1}{60} = \frac{\pi D_2 n_2}{60}, \quad \text{и:}$$

$v_1$  и  $v_2$  [m/s] се обемни брзини на запчениците

$d_a = D_s = m(z_1 + 2)$  – дијаметар на темениот круг на погонскиот запченик

$d_a = D_s = m(z_2 + 2)$  – дијаметар на темениот круг на приемниот запченик

$D_f = D_i = m(z_1 - 2.4)$  – дијаметар на подножниот круг на погонскиот запченик

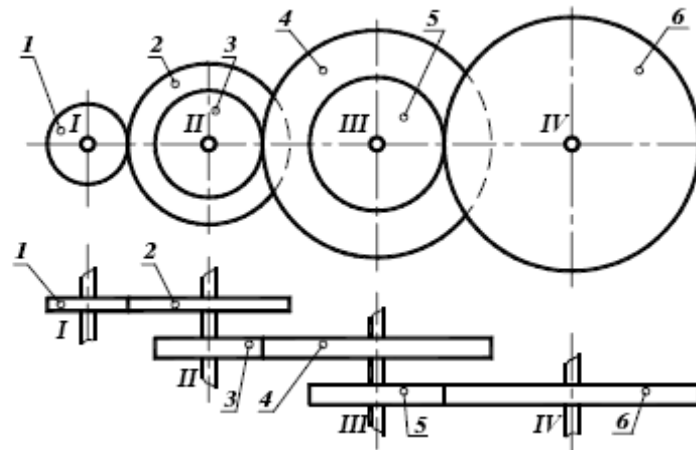
$D_f = D_i = m(z_2 - 2.4)$  – дијаметар на подножниот круг на приемниот запченик

$L = \Psi m$ , каде:  $L$  [mm] – должина на запки

$\Psi$  - фактор на должина на забецот, и  $\Psi = 10 \div 15$

### Сложени запчести преносници

Сложените запчести преносници се состојат од повеќе кинематички парови меѓусебно спрегнати на најразлични начини и имаат релативно големи преносни односи. Сложени преносници често се применуваат и за постигнување одредена насока на вртење на работниот елемент или за совладување на поголеми меѓуоскини растојанија.



Сл.245. Сложен тристепен преносник со надворешни цилиндрични запчести парови

$$i = \frac{\omega_a}{\omega_b} = \frac{\omega_1}{\omega_6} = \frac{\omega_I}{\omega_{IV}} = \frac{2\pi n_a}{2\pi n_b} = \frac{n_a}{n_b} = \frac{n_1}{n_6} = \frac{n_1}{n_{IV}}$$

$\omega_a$  и  $\omega_b$  се аголни брзини на влезот односно излезот од сложениот запчест преносник.

$$i = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{n_3}{n_4} \cdot \frac{n_5}{n_6} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3$$

Вкупниот преносен однос на сложениот преносник е еднаков на производот од сите поединечни преносни односи во преносникот.

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 = \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{d_4}{d_3} \cdot \frac{d_6}{d_5} = \frac{m_1 z_2}{m_1 z_1} \cdot \frac{m_2 z_4}{m_2 z_3} \cdot \frac{m_3 z_6}{m_3 z_5} = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} \cdot \frac{z_6}{z_5}$$

Кај сложените преносници ако вкупниот број вратила е непарен, излезното вратило има иста насока на вртење како и влезното, а доколку вкупниот број на вратилата е парен, тогаш насоката на вртење на излезното вратило е спротивна од насоката на вртење на влезното вратило.



Сл.246. Сложен запчест преносник

### *Подмачкување на запчениците*

При работа на запчестиот пар доаѓа до тркалање и лизгање на боковите на запците кои се допираат. Поради тоа неизбежно е триењето на запчениците, нивно трошење и загревање. За да се намали триењето и трошењето и да се зголеми работниот век на запчениците, потребно е да се врши нивно подмачкување. Ако мазивото се доведува во големо количество помага и за ладење на запчениците.

Со правилно подмачкување и при затворена изведба запчениците може да работат и повеќе години. Правилното подмачкување го спречува триењето на бочните страни на запците.

Подмачкувањето на запчениците може да се изведува со маст и со масло. Со маст се подмачкуваат запченици во отворена, а со маст запченици поставени во куќишта, односно во затворена изведба. Посебен проблем претставува подмачкувањето при големи брзини и поголеми оптоварувања. При големи брзини, поради големата центрифугална сила, маслото се излева, а при поголеми оптоварувања маслото се истиснува од допирните површини на запците.

При подмачкувањето со масло запченикот обично во текот на работата се потопува во маслото, а при поголеми брзини маслото се исипува помеѓу спрегнатите запченици. Начинот на кој ќе се изведува подмачкувањето зависи од обемните брзини на спрегнатите запченици.

За повеќето запчести преносници се употребуваат минерални масла, а кај многу оптоварените преносници се користат посебни масла. Во поново



време синтетичките масла наоѓаат се поголема примена, бидејќи под определени услови со нивна примена може да се постигне неколку пати поголема носивост, отколку со примена на минералните масла.

При поголеми оптоварувања се применуваат масла со поголема вискозност, бидејќи овозможуваат поголеми притисоци на маслениот слој, а при поголеми периферни брзини, кои го олеснуваат создавањето на подебел маслен слој, се употребуваат масла со помала вискозност.

### *Материјали и изработка на запченици*

За изработка на запченици за мали оптоварувања се употребуваат: сив лив, нодуларен лив, црн темпер лив, а за поголеми оптоварувања: челичен лив, како и обични конструктивни челици и челици за подобрување.

Саканиот профил на забецот може да се добие со леење, пресување, или со механичко одвојување на материјалот од полниот венец на тркалото со режење. Запците што се добиени со леење немаат точен профил, од една страна поради неточноста на моделот, односно шаблонот за калапење, а од друга страна поради нерамномерното собирање на растопениот метал при ладењето. Затоа, вака добиените запченици, без дополнителна механичка обработка на запците, се употребуваат само за груби машини, при релативно мали периферни брзини на запчениците. Во прецизната механика се употребуваат запченици од тенки лимови, што можат да се изработуваат со просекување. Многу попрецизна е изработката на запците кај запчениците на специјални машини алатки со помош на режење со соодветен алат.

### *Пример.бр.5.*

Преносниот однос на цилиндричен запчест пар на паралелни вратила е  $i=1,5$ , а меѓуоскиното растојание е 90 mm. Бројот на запци на погонскиот запченик е  $z_1=22$ , а на приемниот  $z_2=33$ . Да се определат приближните вредности на модулот и дијаметрите на спрегнатите запченици и вредноста на пречниците на темените и подножните кругови на погонскиот и приемниот запченик.

Решение:

$$A = \frac{(i+1) \cdot D_1}{2} = \frac{(i+1) \cdot D_2}{2i} = \frac{m(z_2 + z_1)}{2}$$

$$90 = \frac{(1,5+1) \cdot D_1}{2} = \frac{(1,5+1) \cdot D_2}{2 \cdot 1,5} = \frac{m(33+22)}{2}$$

$D_1=72$  mm – дијаметар на погонски запченик

$D_2=108$  mm – дијаметар на приемен запченик

$m=3,3$  mm – модул

пречник на темени кругови:

$d_a=D_s=m(z_1+2)=3,3(22+2)=78,5$  mm – погонски запченик

$d_a=D_s=m(z_2+2)=3,3(33+2)=114,5$  mm – приемен запченик

пречници на подножни кругови:

$D_f=D_i=m(z_1-2,4)=3,3(22-2,4)=64$  mm – погонски запченик

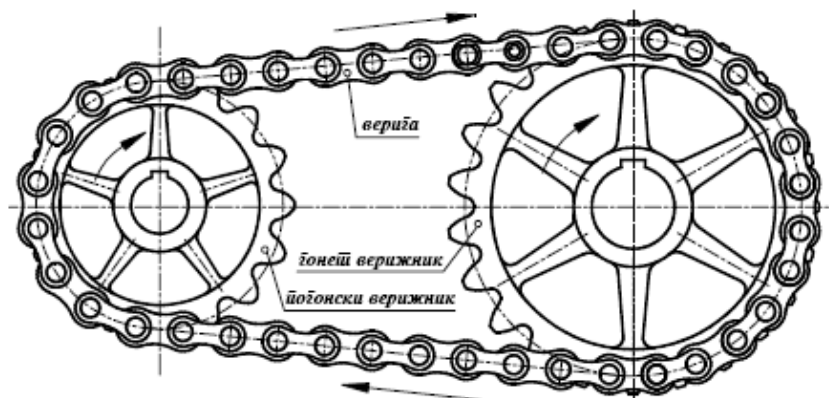
$D_f=D_i=m(z_2-2,4)=3,3(33-2,4)=100$  mm – приемен запченик

## Верижни преносници

Верижните преносници спаѓаат во групата посредни запчести преносници, што вртежниот момент од едното на другото вратило го пренесуваат посредно со помош на верига. Верижните преносници се состојат од два или повеќе верижници и еден посреден елемент - верига.

Кај овие преносници слободниот огранок треба да се поставува над влечниот огранок заради зголемување на обвивниот агол на верижникот. Треба да се избегнува вертикално поставување на верижниците, бидејќи во таков случај постои можност за појава на осцилации на веригата. Доколку верижниците мора да се постават во вертикална положба, тогаш кај таквиот верижен преносник е потребно да се постави придущувач на осцилациите.

При поголеми периферни брзини, центрифугалната сила значително ја оптоварува веригата. Со тек на времето настанува истегнување на веригата односно зголемување на чекорот на веригата што ја нарушува кинематиката на преносникот, а како последица на променливоста на полупречникот на верижникот се јавува нерамномерност на вртењето на верижникот во текот на еден вртеж.



Сл.247. Верижен преносник со два верижника

Верижните преносници се снабдени со запци што навлегуваат во елементите на веригата, при што движењето е принудно посредно преку веригата и не се јавува лизгање. Може да се изведуваат со еден затегнувачки верижник, поставен од внатрешната или од надворешната страна на веригата, или, пак, со два затегнувачки верижника што се поставуваат од надворешната или едниот од надворешната, а другиот од

внатрешната страна на веригата. Затегнувањето на веригата може да биде изведено уште и со пружини или хидраулично.

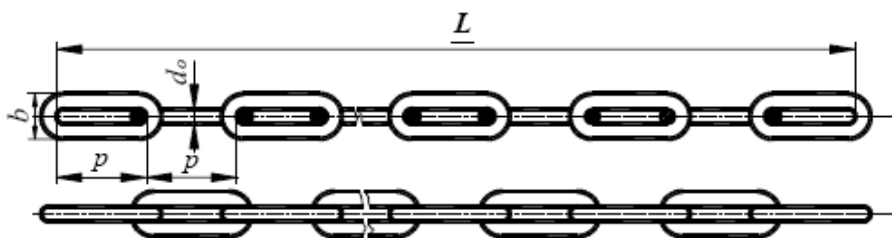
Како предности на верижниот во однос на ремениот преносник може да се истакнат: малите габаритни димензии, прилично високиот степен на искористување ( $\eta = 0,98$  до  $\eta = 0,99$ ), малите трошоци за одржување, отсуството на лизгање, помалите оптоварувања на вратилото, како и релативно долгиот век на траење на преносникот.

### Кинематика на верижниот преносник

За определување на периферната брзина на верижникот меродавен е моментниот полупречник на ротација на точката во која што ќе се најде зглобот во моментот на наидувањето на погонскиот верижник. Оваа точка се нарекува *водечка точка*. Со оглед на променливоста на полупречникот на ротација на водечката точка, при постојана аголна брзина, периферната брзина е периодично променлива во определени граници. Тоа предизвикува нерамномерност на брзината со која што веригата го напушта погонскиот и како таква се предава на работниот верижник. Ваквата нерамномерност на брзината е поголема при помал број запци, т.е. при поголем чекор, што се нарекува *полигонски ефект* на верижникот.

### Видови вериги кај верижните преносници

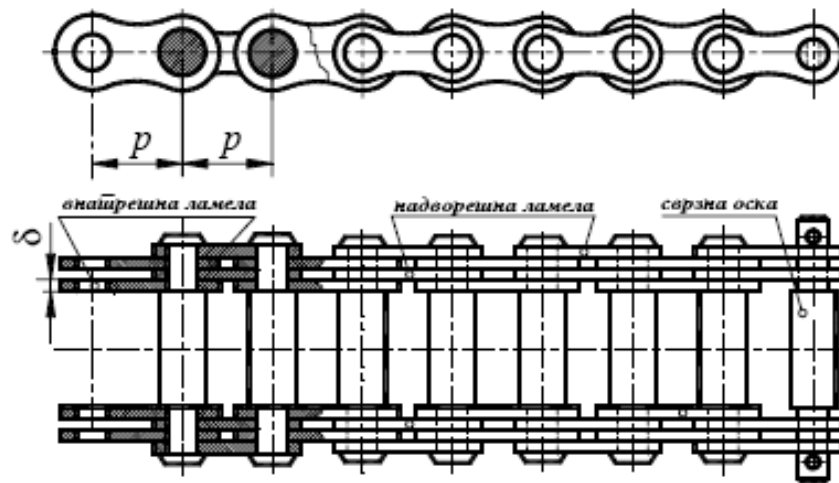
Постојат два вида вериги: обични и зглобни. Обичните вериги (сл.248) се применуваат кај средствата за дигање товар и елеваторите. Тие се едноставни и робусни и имаат кружен пресек на алките така што можат да скршнуваат во кој и да е правец што им дава особена предност во однос на зглобните вериги.



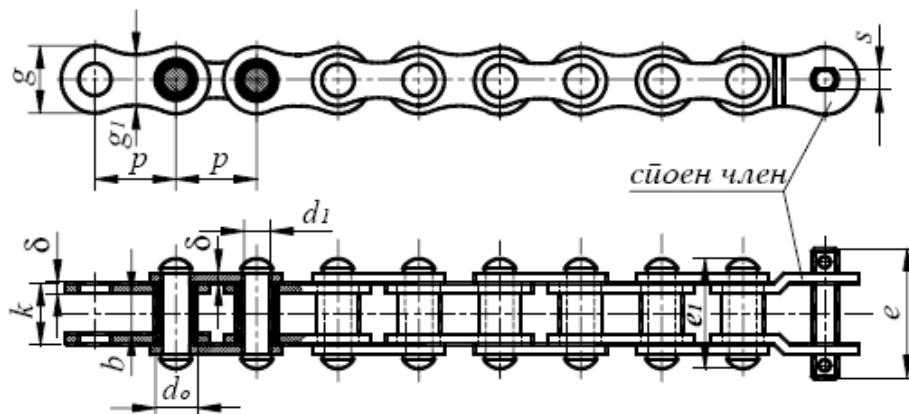
Сл.248. Обична верига

Според формата на одделните членови и врската на нивните зглобови, се разликуваат зглобни вериги со сврзни оски (**Galle** - ови вериги), со цевчиња, со цевчести валчиња и со запци.

Наједноставни се зглобните вериги со сврзни оски - **Galle**-ови вериги (сл.249) од кои се развиени сите други видови зглобни вериги. Комплет од две надворешни и две внатрешни ламели еднакви по форма и зглобно поврзани со оските, една сврзна оска и, евентуално, едно цевчесто валче сочинуваат еден член на веригата. Повеќе внатрешни, два надворешни и еден споен член сочинуваат верига.



Сл.249. **Galle** - ова верига со сврзни оски



Сл.250. **Galle** - ова верига со цевчиња и сврзни оски

Веригите со сврзни оски се изведуваат како лесен и тежок вид. Лесните вериги се изведуваат само како едноредни а тешките можат да имаат по две до осум ламели во еден член.

Кај веригите со цевчиња и сврзни оски (сл.250) внатрешните ламели се впресувани на цевчињата кои со оскичките образуваат лабаво налегнување. Поради поголемата површина на зглобот, овие вериги одговараат за поголеми оптоварувања.

Карактеристика на веригите со сврзни оски и цевчиња е тоа што при нивното спрегнување со верижникот се појавува лизгање на запците што предизвикува интензивно абење и зајаднување. Се употребуваат за релативно ниски брзини и, главно, кај средствата за дигање товар. За да се избегне лизгањето на запците, развиени се веригите со цевчести валчиња кои што лабаво се наместени на цевчињата и слободно се вртат околу нив. Благодарение на тоа, при спрегнувањето на веригата со верижникот доаѓа до тркалање по боковите од запците на верижникот, така што абењето е намалено во значителна мера, Веригите со цевчести валчиња се изведуваат како едноредни, дворедни и повеќередни.

### 3.12. ЕЛЕМЕНТИ ЗА ЕЛАСТИЧНА ВРСКА (ПРУЖИНИ)

Пружините се машински елементи чија главна одлика е еластичноста, односно големата деформабилност. Се користат за еластично поврзување на машинските делови при што е потребно делот што во текот на работата се поместил, по престанокот на дејството на силата во пружината, да се врати во својата првобитна положба.

Според видот на работата што ја вршат во машинските конструкции, пружините најчесто се користат за:

- акумулирање на потенцијална енергија (часовници, ударна игла кај пушката, вентил за брзо затворање, играчки и др.);
- амортизација на удари (пружини за возила, потпори на машини што вибрираат, вагонски одбојници, еластични спојници и др.);
- регулација (регулациони и сигурносни вентили);
- мерење на сила (динамометри и ваги со пружина);
- принудно движење на некои машински елементи (вентили во моторите со внатрешно согорување);
- еластично притискање на делови (брави).

Пружините се машински делови способни механичката работа да ја претворат во потенцијална енергија и обратно.

#### 3.12.1. Класификација на пружини

1. Според дејството на надворешните сили, пружините можат да бидат оптоварени на притисок, истегнување, усукување, свиткување или, пак, комбинирано.



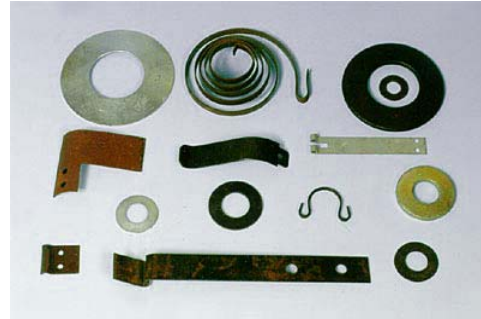
а)



б)



в)



г)

Сл.251. Класификација на пружини според дејството на надворешните сили: а) оптоварени на притисок, б) истегнување, в) усукување и г) свиткување

2. Зависно од напонот што се јавува во нивниот пресек, тие се делат на:

- флексиони (со пресек напрегнат на свиткување) и
- торзиони (со пресек напрегнат на усукување).



а)



б)

Сл.252. Класификација на пружини во зависност од напонот: а) флексиони и б) торзиони

3. Според конструктивниот облик, пружините можат да бидат: лисни (свиткување), навојни (усукување), прстенести, спирални и чиниести.

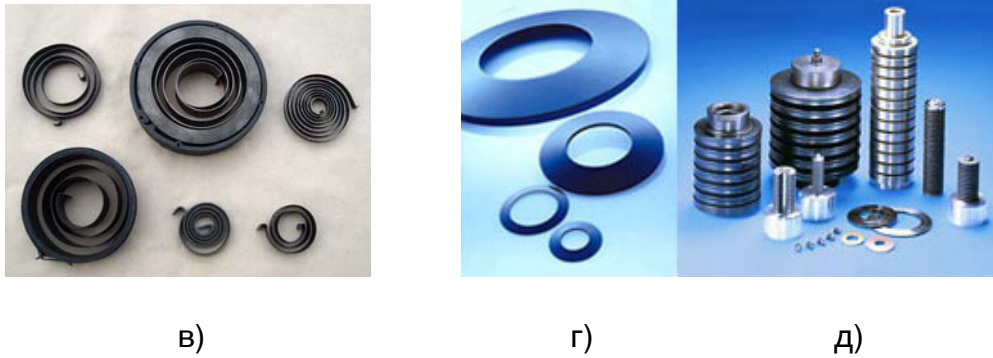


а)



б)

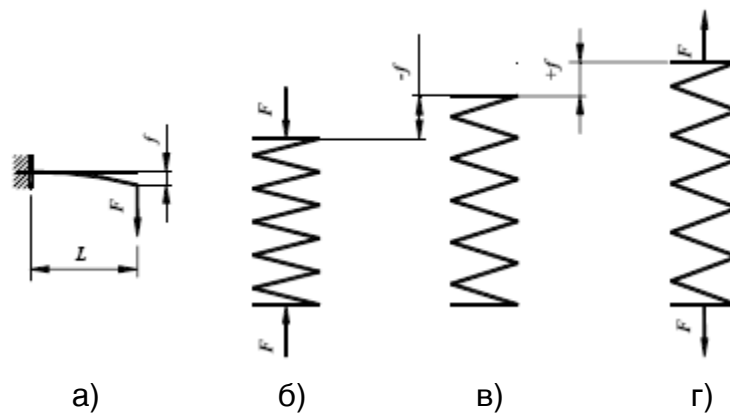




Сл.253. Конструктивни облици на пружини: а) лисни, б) навојни, в) спирални, г) чиниести и д) прстенести

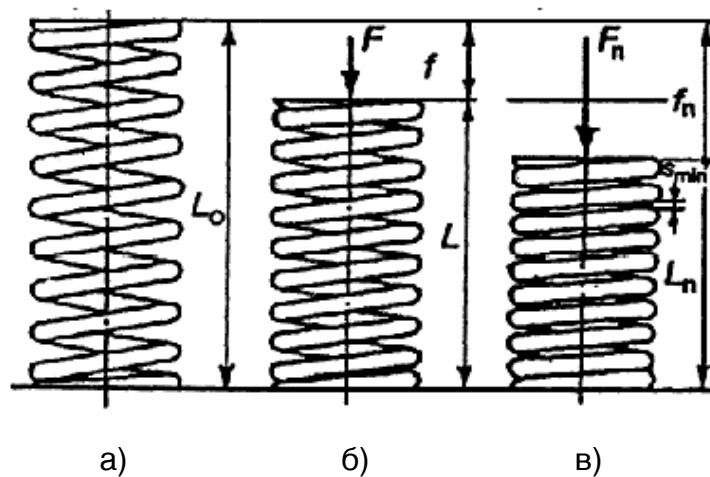
### 3.12.2. Главни обележја на пружините

Под дејство на оптоварувањето, пружините ги карактеризира релативно големата еластична деформација, која кај флексионите пружини е изразена преку отклонот  $f$ , кај торзионите преку скратувањето  $-f$ , а кај торзионите затегнувачки издолжувањето на пружината  $+f$ .



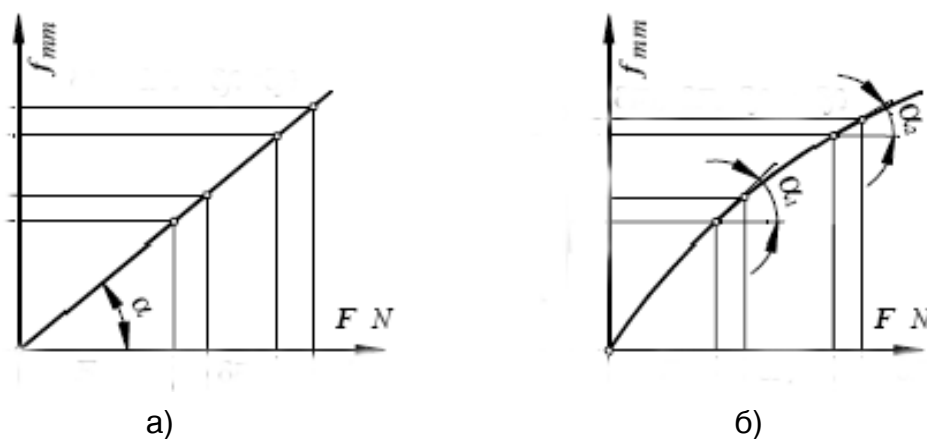
Сл.254. Шематски приказ на: а) проста флексиона, б) торзиона притисна - оптоварена, в) торзиона притисна - неоптоварена и г) торзиона затегнувачка - оптоварена пружина

Пружината во облик на конзола (сл.254.а) изложена на свиткување под дејство на силата ќе се деформира при што на местото на дејствувањето на силата ќе се појави наклон.



Сл.255. Торзиона пружина: а) неоптоварена б) и в) оптоварена

Односот помеѓу деформацијата  $f$  [mm] и оптоварувањето  $F$  [N] се нарекува карактеристика на пружината  $C$  [mm/N] (еластичност) и ја покажува вредноста на деформацијата  $f$  [mm] што во пружината ќе ја предизвика сила  $F = 1$  [N]. Реципрочната вредност на карактеристиката се нарекува крутост на пружината  $c$  [N/mm] и таа ја покажува вредноста на оптоварувањето  $F$  [N] што е потребна во пружината да биде предизвикана деформација  $f = 1$  [mm]. Нормално кај сите пружини, со исклучок на чиниестите, во случај на еластични деформации во материјалот, карактеристиката на пружината е права линија.



Сл.256. Карактеристика на пружини: а) праволиниска и б) криволиниска

### 3.12.3. Пресметки на пружини

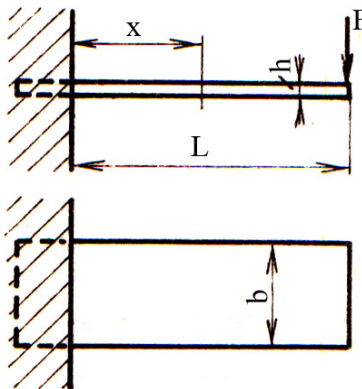
#### 1. Флексиони пружини

Флексионите пружини најголема примена наоѓаат за еластични врски кај возилата. По конструктивниот облик може да бидат прости или сложени.

Простите флексиони пружини може да бидат со правоаголен напречен пресек или пак со напречен пресек во форма на триаголник.

#### a) проста пружина со правоаголен напречен пресек

На сл.257 претставена е проста флексиона пружина со правоаголен напречен пресек составена од една еластична ламела прицврстена од едната страна, а на другата страна оптоварена со сила **F**. Напречниот пресек на ламелата е во облик на правоаголник.



Сл.257. Проста флексиона пружина со правоаголен напречен пресек

При дејство на силата **F**, напрегнувањето по должината на пружината може да се определи по следнава равенка:

$$\sigma_{sx} = \frac{Mx}{W} = \frac{6F(L-x)}{b \cdot h^2} [\text{N/mm}^2]$$

каде што:

$Mx$  [N·mm] - момент на свиткување во бараниот пресек

$L$  [mm] - должина на пружината

$x$  [mm] - растојание меѓу пресекот и вклетувањето

$W$  [mm<sup>3</sup>] - отпорен момент на пресекот

Од равенката се гледа дека напрегнувањето има најголема вредност на местото на вклетувањето.

$$\sigma_{s\max} = \frac{6FL}{b \cdot h^2} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$\sigma_{s\max}$  - најголемо напрегнување

$$f = \frac{4FL^3}{bh^3E} = \frac{2L^2\sigma_s}{3hE} \text{ [mm]}$$

f - најголем наклон

$$Q = \frac{F \cdot f}{2} = \frac{b \cdot h \cdot L \cdot \sigma_s^2}{18E} = \frac{V \cdot \sigma_s^2}{18E} \text{ [N}\cdot\text{mm]}$$

Q - акумулирана работа

$$c = \frac{F}{f} = \frac{b \cdot h^3 \cdot E}{4L^3} \text{ [N/mm]}$$

c - крутост на пружината

$$\eta = \frac{Q}{Q_m} = \frac{1}{9}$$

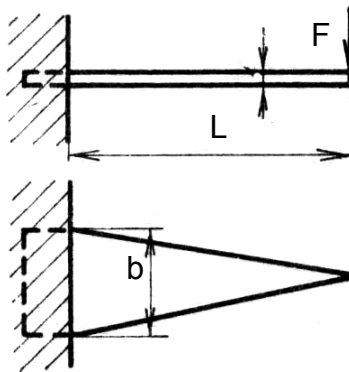
$\eta$  - степен на искористување на материјалот

$$V = b \cdot h \cdot L \text{ [mm}^3\text{]}$$

V- зафатнина на пружината

### б) проста триаголна пружина

На сл.258 претставена е проста флексиона триаголна пружина составена од една еластична ламела прицврстена од едната страна, а на другата страна оптоварена со сила **F**. Напречниот пресек на ламелата е во облик на траиголник.



Сл.258. Проста триаголна пружина

Напрегнувањето кај простата триаголна пружина има еднаква вредност по целата должина на пружината и се пресметува по следнава равенка:

$$\sigma_{s\max} = \frac{6FL}{b \cdot h^2} = \text{const}$$

$\sigma_{s\max}$  - напрегнување (еднакво по целата должина)

$$f_{\max} = \frac{6FL^3}{bh^3E} = \frac{L^2\sigma_s}{h \cdot E} \text{ [mm]}$$

$f_{\max}$  - најголем наклон

$$Q = \frac{b \cdot h \cdot L \cdot \sigma_s^2}{12E} = \frac{V \cdot \sigma_s^2}{6E} \text{ [N}\cdot\text{mm]}$$

Q - акумулирана работа, каде:  $V = \frac{bhL}{2}$

$$c = \frac{F_{\max}}{f_{\max}} = \frac{b \cdot h^3 \cdot E}{6L^3} \text{ [N/mm]}$$

c - крутост на пружината

$$\eta = \frac{Q}{Q_m} = \frac{1}{3}$$

$\eta$  - степен на искористување на материјалот

За најчесто зададени големини:

$F_{\max}$  [N] - максимална сила

$f_{\max}$  [mm] - максимален наклон

$L$  [mm] - должина на пружината

Од равенките за напрегањето и наклонот се добива:

$$b \cdot h^2 = \frac{F_{\max} \cdot 6L}{\sigma_{ds}}$$

$$b \cdot h^3 = \frac{6F_{\max} \cdot L^3}{f_{\max} \cdot E} \quad \text{од каде: } h = \frac{\sigma_{ds} \cdot L^2}{f_{\max} \cdot E} \text{ [mm]}$$

$$b = \frac{F_{\max} \cdot 6L}{\sigma_{ds} \cdot h^2}$$

$h$  - висина на пружината [mm]

$b$  - најголема ширина на пресекот на пружината, каде:

$\sigma_{ds}$  [N/mm<sup>2</sup>] - дозволено напрегнување на свиткување

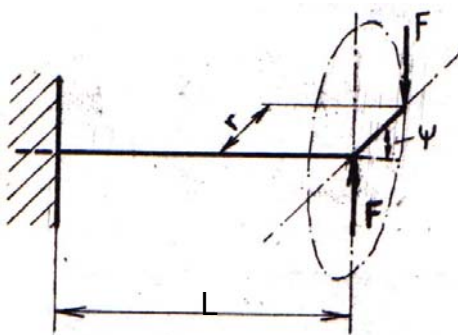
$E=215000$  [N/mm<sup>2</sup>] - модул на еластичност на материјалот

## 2. Торзиони пружини

Торзионите пружини се изложени на напрегнување од усукнување.

### а) проста торзиона пружина

Простата торзиона пружина изработена е од прачка која на едниот крај е прицврстена, а другиот крај од прачката е оптоварен со спрег од сили. При дејствувањето на оптоварувањето прачката еластично ќе се деформира при што нејзиниот слободен крај ќе се заврти за агол  $\Psi$ .



$$\tau_u = \frac{T}{W_o} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Сл.259. Проста торзиона пружина

$\tau_u$  - напрегнување на усукување

$$T = F \cdot r \text{ [N} \cdot \text{mm]}$$

T - момент на усукување

$W_0$  [mm<sup>3</sup>] - поларен отпорен момент, каде:

$$W_0 = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \text{ [mm}^3\text{]} - \text{ за кружен пресек}$$

$$\Psi = \frac{TL}{I_0 \cdot G} \text{ [rad]}$$

$\Psi$  - агол на усукување (аголна деформација)

L [mm] - должина на пружината

$I_0$  [mm<sup>4</sup>] - поларен момент на инерција

G=83000 [N/mm<sup>2</sup>] - модул на лизгањето (за материјалот на пружината -слаб кален јагленов челик)

$\Psi=C \cdot T$  ( за L,  $I_0$ , G=const) од каде:

$$C = \frac{\Psi}{T} \left[ \frac{1}{\text{N} \cdot \text{mm}} \right] - \text{ единечен агол или еластичност при усукувањето}$$

За кружен напречен пресек на пружината:

$$I_0 = \frac{\pi d^4}{32} \approx \frac{d^4}{10} \Rightarrow \Psi = \frac{L \cdot T}{I_0 \cdot G} = \frac{L \cdot W_0 \cdot \tau_u}{I_0 \cdot G} = \frac{2L \cdot \tau_u}{d \cdot G}$$

$$Q = \frac{T \cdot \Psi}{2} = \frac{d^3 \pi}{16} \cdot \frac{\tau_u}{2} \cdot \frac{2L \cdot \tau_u}{d \cdot G} = \frac{d^2 \pi}{16} \cdot \frac{L \cdot \tau_u^2}{G} = \frac{V \cdot \tau_u^2}{4G}, \text{ каде:}$$

$$V = \frac{d^2 \pi}{4} L - \text{ зафатнина на пружината}$$

$$\eta = \frac{Q}{Q_m} = \frac{V \cdot \tau_u^2}{4G} \cdot \frac{2G}{V \cdot \tau_u^2} = \frac{1}{2}$$

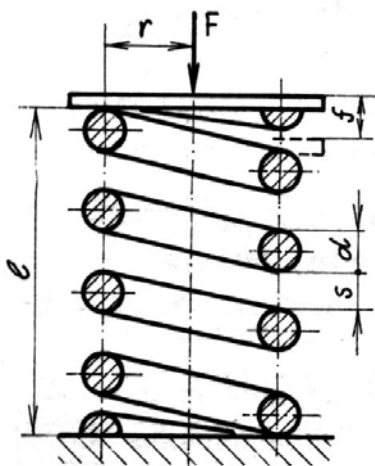
$\eta$  - степен на искористување на материјалот

### б) торзиона цилиндрична навојна пружина

Торзионата цилиндрична навојна пружина наоѓа голема примена заради нејзината збиена конструкција.

Навојните пружини се изработуваат од жица со кружен или правоаголен напречен пресек која се навиткува по навојна линија.

Кога пружината ќе се оптовари со сила  $F$  која дејствува во правец на оската во однос на пресекот на жицата што се наоѓа на растојание  $r$  се јавува момент на усукнување и притоа жицата е оптоварена рамномерно по целата должина.



$$\tau_u = \frac{T}{W_o} \quad [\text{N/mm}^2]$$

$\tau_u$  - напрегнување на усукнување

$$T = F \cdot r \quad [\text{N} \cdot \text{mm}]$$

$T$  - момент на усукнување

$W_o$  [ $\text{mm}^3$ ] - поларен отпорен момент

Сл.260. Торзиона цилиндрична навојна пружина

$$f = r \cdot \Psi = r \cdot \frac{LT}{\log G} = r \frac{2\pi \cdot z_a \cdot F \cdot r}{0,1 \cdot d^4 G} = \frac{20\pi \cdot z_a \cdot F \cdot r^3}{d^4 \cdot G} = \frac{4\pi \cdot z_a \cdot r^2 \cdot \tau_u}{d \cdot G}$$

$f$  – наклон

$$z = z_a + 1,5$$

$z$  - вкупен број навои

$$L' = 2\pi z = 2\pi(z_a + 1,5)$$

$L'$  - вкупна должина на жицата од која е изработена пружината

$$l = (z_a + 1,5)d_s + z_a \cdot s$$

$l$  - должина на пружината во неоптоварена состојба

$$s_1 = \frac{z \cdot s - f}{z} \geq s_{\min}$$

$s_1$  - растојание помеѓу два соседни навои во оптоварена состојба

$s$  - растојание помеѓу навои при максимално оптоварување

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot F \cdot r}{\pi \cdot \tau_{du}}} \approx \sqrt[3]{\frac{5 \cdot F \cdot r}{\tau_{du}}} \quad [\text{mm}]$$



$d$ - пречник на жицата

$F$  [N] - максимална сила

$r$  [mm] - среден полупречник на пружината

$\tau_{du}$  [N/mm<sup>2</sup>] - дозволено напрегнување на усукување

$$z_a = \frac{f \cdot d_s^4 \cdot G}{64 \cdot r^3 \cdot F} = \frac{f \cdot d_s \cdot G}{4r^2 \pi \cdot \tau_{du}}$$

$z_a$  - број на активни навои

$G=83000$  [N/mm<sup>2</sup>] - модул на лизгање

$e=s+d_s$

$e$  [mm] - чекор на навојницата (пружината)

$s$  [mm] - минимално растојание меѓу навоите во неоптоварена состојба

$s=f_1+s_{min}$

$$f_1 = \frac{f}{z_a} = \frac{64 \cdot r^3 \cdot F}{d^4 \cdot G} \text{ [mm]}$$

$f_1$  [mm] - наклон на еден навој при максимално оптоварување

$s_{min}=0.1d_s > 0,5$  [mm]

$s_{min}$  - минимално растојание меѓу навоите во оптоварена состојба

Торзионите пружини може да имаат различни конструктивни изведби во зависност од пресекот на жицата, обликот на навојната линија, чекорот на навојницата и насоката на дејствувањето на силата. Освен цилиндрична форма, навојната пружина може да биде во облик на конус или пак да има параболична или друга форма. Навојницата на пружината може да биде со постојан или променлив чекор, а надворешната сила може да ја оптоварува пружината на притисок, истегнување или усукување.

Таб.15. Дозволените напрегања на свиткување  $\sigma_{ds}$  [N/mm<sup>2</sup>] и усукување  $\tau_{du}$  [N/mm<sup>2</sup>] за пружини

материјал	$\sigma_{ds}$	$\tau_{du}$
слаб кален јагленов челик (мирно оптоварување)	300	240
слаб кален јагленов челик (променливо оптоварување)	200	160
добар кален јагленов челик (мирно оптоварување)	750	600
добар кален јагленов челик (променливо оптоварување)	500	400
одличен легиран челик	1000-1450	800-1160

Таб. 16. Стандардни и конструктивни мерки во mm

1	2,2	5,5	13	21	34	52	85	130	210	330	530	850	1320
1,1	2,5	6	14	22	36	56	90	140	220	355	560	900	1400
1,2	2,8	7	15	24	38	60	95	150	240	380	600	950	1500
1,4	3	8	16	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600
1,5	3,5	9	17	26	42	68	105	170	260	420	670	1060	1700
1,6	4	10	18	28	45	70	110	180	280	450	710	1120	1800
1,8	4,5	11	19	30	48	75	120	190	300	480	750	1180	1900
2	5	12	20	32	50	80	125	200	315	500	800	1250	2000

### 3.12.4. Материјал за пружините

Материјалот за пружини треба да има голема статичка и динамичка цврстина, да биде отпорен на ударни оптоварувања, да има стабилни еластични својства во долг временски период и да е термички добро обработен.

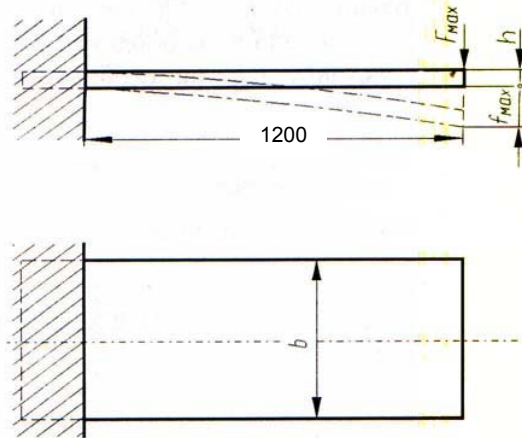
За пружините што треба да работат при повисоки температури, како и за пружини што треба да работат во корозивни средини, материјалот треба да биде отпорен и на такви влијанија.

За изработка на торзионите пружини најчесто се употребуваат жици од јаглородни или легирани челици со силициум, манган, или хром-ванадиум челици кои што за споредни цели се извлекуваат во ладна состојба, а за одговорни намени термички се обработуваат пред или, подобро, по изработката на пружината.

Лимовите за лисните пружини се валаат во ладна состојба. Ваквите челици се одликуваат со висока граница на еластичност и не се заваруваат. Како материјал за пружините понекогаш можат да се употребат и некои видови бронзи и месинг.

## Пример.бр.6.

За проста правоаголна пружина од добар кален јагленов челик што работи при мирно оптоварување со должина  $L=1200$  mm, широчина  $b=130$  mm, височина на пресекот  $h=45$  mm и сила на слободниот крај  $F_{\max}=3500$  N, да се пресмета вредноста на наклонот  $f_{\max}$  на слободниот крај, крутоста и еластичноста на пружината.



Решение:

Максималната вредност на наклонот изнесува:

$$f_{\max} = \frac{4F_{\max}L^3}{b \cdot h^3 E} = \frac{4 \cdot 3500 \cdot 1200^3}{130 \cdot 45^3 \cdot 215000} \approx 9,49 \text{ mm}$$

крутоста на пружината е:

$$c = \frac{F}{f} = \frac{F_{\max}}{f_{\max}} = \frac{3500}{9,49} = 368 \text{ [N/mm]} \text{ или:}$$

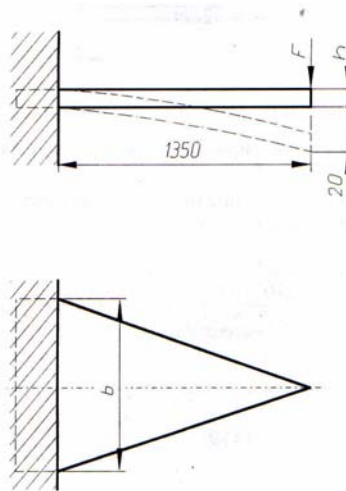
$$c = \frac{bh^3 E}{4L^3} = \frac{130 \cdot 4,5^3 \cdot 215000}{4 \cdot 1200^3} = 368 \text{ [N/mm]}$$

реципрочната вредност на крутоста претставува еластичност на пружината, и таа изнесува:

$$C = \frac{1}{c} = \frac{1}{368} = 0,0027 \text{ [mm/N]}$$

## Пример.бр.7.

На сликата е прикажана проста триаголна пружина со должина  $L=1350$  mm, оптоварена со сила  $F_{\max}=16000$  N. Максимално дозволената вредност на наклонот е  $f_{\max}=40$  mm. Материјалот на пружината е слаб кален јагленов челик, а оптоварувањето е променливо.



Потребно е да се пресметаат другите две димензии на пружината, и вредноста на нејзината еластичност и крутост.

*Решение:*

Висината на пресекот на пружината изнесува:

$$h = \frac{\sigma_{ds} \cdot L^2}{f_{\max} \cdot E} = \frac{200 \cdot 1350^2}{40 \cdot 215000} = 42,4 \text{ mm}$$

од таб.16. за стандардни и конструктивни мерки се усвојува:  $h=45$  mm

$\sigma_{ds}=200$  [N/mm<sup>2</sup>]-табеларна вредност за дозволено напрегање на свиткување за слаб кален јагленов челик (променливо оптоварување)

Најголемата широчина на пресекот (во потпората) е:

$$b = \frac{6LF_{\max}}{\sigma_{dsh}^2} = \frac{6 \cdot 1350 \cdot 16000}{200 \cdot 45^2} = 320 \text{ mm}, \text{ се усвојува } b=330 \text{ mm}$$

Поради усвојување на стандардни вредности на димензиите, максималната вредност на наклонот ќе биде:

$$f_{\max} = \frac{6F_{\max}L^3}{bh^3E} = \frac{6 \cdot 16000 \cdot 1350^3}{330 \cdot 45^3 \cdot 215000} = 36,5 \text{ mm}$$

Вредноста на еластичноста или единечниот наклон на пружината е:

$$C = \frac{f_{\max}}{F_{\max}} = \frac{36,5}{16000} = 0,00228 \text{ mm/N}$$

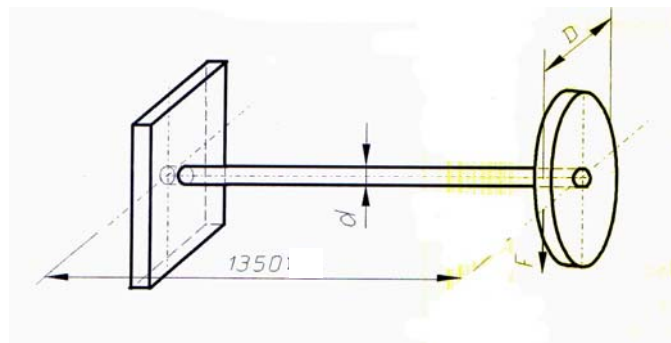
Вредноста на крутоста на пружината е реципрочна на еластичноста:

$$c = \frac{F_{\max}}{f_{\max}} = \frac{16000}{36,5} = 437,9 \text{ N/mm}$$

(за да се добие наклон од 1 mm потребна е сила од 437,9 N).

*Пример.бр.8.*

Проста торзиона пружина во облик на конзола со должина  $L=1350$  mm и диск на слободниот крај чиј дијаметар е  $D=100$  mm, оптоварена е со момент на усуквање од тангенцијална сила  $F=48000$  N на периферијата на дискот. Материјалот на пружината е добар кален јагленов челик, а оптоварувањето е мирно. Потребно е да се пресмета дијаметарот на попречниот пресек на пружината  $d$ , како и вистинската аголна деформација.



*Решение:*

Пружината (конзолата) е оптоварена на усукување (торзија) од моментот на усукување:

$$T = F \cdot r = F \frac{D}{2} = 48000 \cdot \frac{100}{2} = 240 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

а напрегањето во пресекот на вклетувањето е:

$$\tau_u = \frac{T}{W_0} = \frac{T}{\frac{\pi d^3}{16}} = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16 \cdot 240 \cdot 10^4}{3,14 \cdot d^3} \leq 600 \text{ N/mm}^2 = \tau_{du}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi \cdot \tau_{du}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 240 \cdot 10^4}{\pi \cdot 60}} = 27,3 \text{ mm}$$

Од табелата за стандардни и конструктивни мери се усвојува  $d=28 \text{ mm}$ .

Вредноста на аголот на усукувањето е:

$$\Psi = \frac{TL}{I_0 G} = \frac{TL}{\frac{\pi d^4}{32} G} = \frac{32TL}{\pi d^4 \cdot G} \text{ rad}$$

$$\Psi = \frac{32 \cdot 240 \cdot 10^4 \cdot 1350}{\pi \cdot 28^4 \cdot 83000} = 0.647 \text{ rad} = 37^\circ$$

*Пример.бр.9.*

Цилиндрична торзиона пружина е изработена од добар кален јагленов челик. Оптоварувањето е променливо, а максималната вредност на силата во пружината е  $F_{\max}=49000 \text{ N}$ , што одговара на максималната вредност на наклонот  $f_{\max}=12 \text{ mm}$ . Средната вредност на дијаметарот на пружината е  $D=50 \text{ mm}$ . Потребно е да се изврши пресметка на: дијаметарот на жицата  $d$ , бројот на активни навојки  $z_a$ , наклонот на една навојка  $f_1$ , минималното растојание помеѓу навојките во оптоварена  $s_{\min}$ , и неоптоварена состојба  $s$ , чекорот на пружината  $e$ , и вкупната должина на пружината  $l$  и на жицата  $L$ .

Решение:

Потребната вредност на дијаметарот на жицата за пружината е:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16Fr}{\pi \cdot \tau_{du}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 49000 \cdot 25}{3,14 \cdot 400}} = 25\text{mm (стандардизирана вредност)}$$

$\tau_{du}=400$  [N/mm<sup>2</sup>] - табеларна вредност за добар кален јагленов челик при променливо оптоварување.

Бројот на активни навојки во пружината е:

$$z_a = \frac{f \cdot d_s^4 \cdot G}{64 \cdot r^3 \cdot F_{\max}} = \frac{12 \cdot 25^4 \cdot 83000}{64 \cdot 25^3 \cdot 49000} = 7,9 \approx 8 \text{ навојки, или:}$$

$$z_a = \frac{f \cdot d_s \cdot G}{4r^2 \pi \cdot \tau_{du}} = \frac{12 \cdot 25 \cdot 83000}{4 \cdot 25^2 \cdot 3,14 \cdot 400} = 7,9 \approx 8 \text{ навојки}$$

Вредноста на наклонот на една навојка при максимално оптоварување е:

$$f_1 = \frac{f}{z_a} = \frac{12}{7,9} = 1,5\text{mm, или:}$$

$$f_1 = \frac{64 \cdot r^3 \cdot F}{d^4 \cdot G} = \frac{64 \cdot 25^3 \cdot 49000}{25^4 \cdot 83000} = 1,5\text{mm}$$

минималното растојание помеѓу навојките во оптоварена состојба изнесува:

$$s_{\min}=0,1 \cdot d=0,1 \cdot 25=2,5 \text{ mm}$$

па вредноста на минималното растојание помеѓу навојките во неоптоварена состојба ќе биде:

$$s=f_1+s_{\min}=1,5+2,5=4 \text{ mm}$$

чекорот на пружината е:

$$e=s+d=4+25=29 \text{ mm}$$

Вкупната должина на пружината во неоптоварена состојба е:

$$l=(z_a+1,5)d+z_a \cdot s=(7,9+1,5) \cdot 25+7,9 \cdot 0,4=318 \text{ mm}$$

Вкупната должина на жицата од која може да се изработи пружината:

$$L'=2r\pi(z_a+1,5)=2 \cdot 25 \cdot 3,14(7,9+1,5)=1475,8 \text{ mm}$$



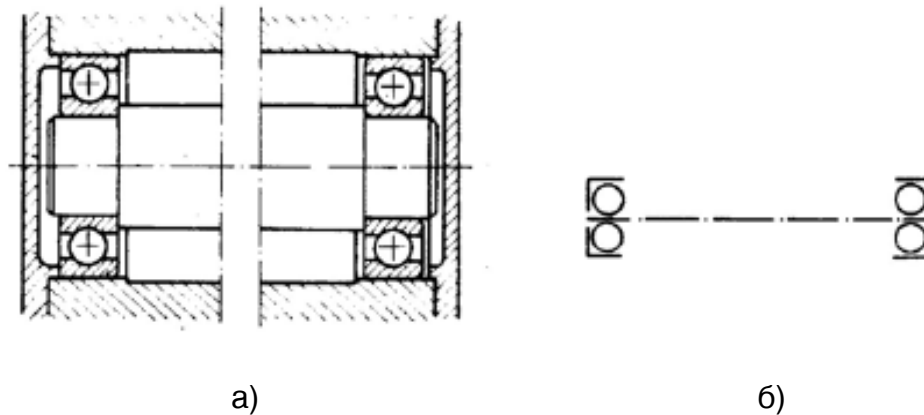
### 3.13. УПРОСТЕНО ПРЕТСТАВУВАЊЕ НА МАШИНСКИ ДЕЛОВИ

При претставување на машинските делови се настојува да се употреби што поедноставен цртеж што би ги задоволил основните барања: дефинирање на обликот, димензионирање, квалитет на изработка, функционалност и естетски дизајн. Поедноставување или упростување на претставувањето на машинските делови се изведува со намалување на бројот на проекции, поедноставувања на техничкиот цртеж, упростено цртање на ситни детали, упростено и шематско претставување на основни машински елементи и делови (навој, завртки, запченици, лежишта, пружини и др). Со стандард е дозволено упростено претставување на машински дел на цртеж со заштеда на проекции или погледи, со коментар и др. Скоро во секоја машинска конструкција се среќаваат машински делови и елементи, како што се запченици, лежишта, пружини и навојни површини. Во техничките цртежи дозволено е нивно упростено и шематско претставување.

Кај лежиштата дозволени се два степена на упростено претставување. Првиот степен подразбира упростено исцртување на лежиштето, а вториот степен подразбира шематски приказ кој зависи од дејството на силите.

Таб. 17. Шематски приказ на лежишта во зависност од силите

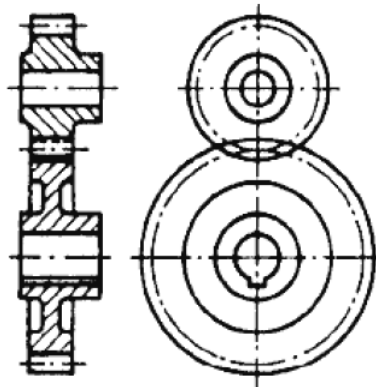
лежиштето служи за пренос на:	шематски приказ
радијални сили	
радијални и еднонасочно дејствувачки аксијални сили	
радијални и двонасочно дејствувачки аксијални сили	
еднонасочно дејствувачки аксијални сили	
двонасочно дејствувачки аксијални сили	



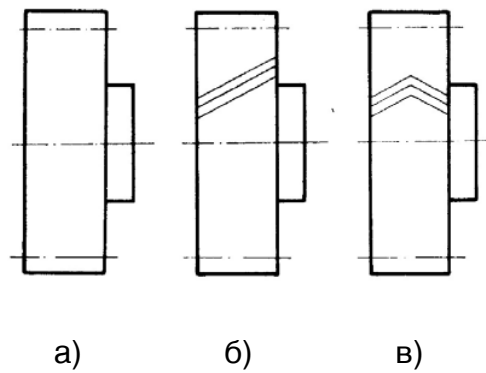
Сл.261. Упростено а) и шематско б) претставување на тркалачко лежиште

Запчениците, како елементи за пренос на вртежниот момент, на техничките цртежи може да се претстават со употреба на неколку степени на упростување како и со шематско прикажување.

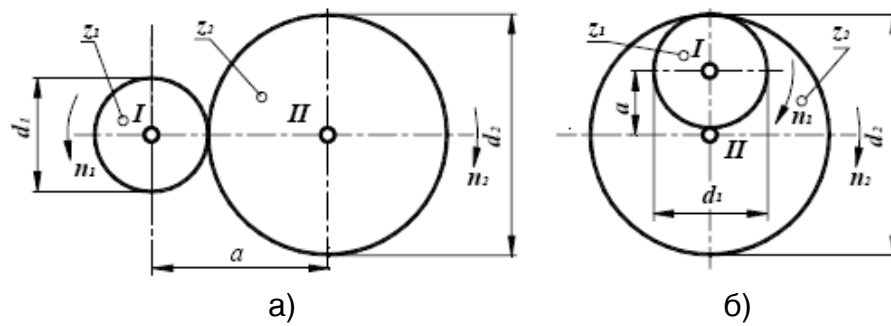
Првиот степен подразбира детално исцртување на запченикот без исцртување на профилот на забецот или со исцртување само на неколку профили на запци.



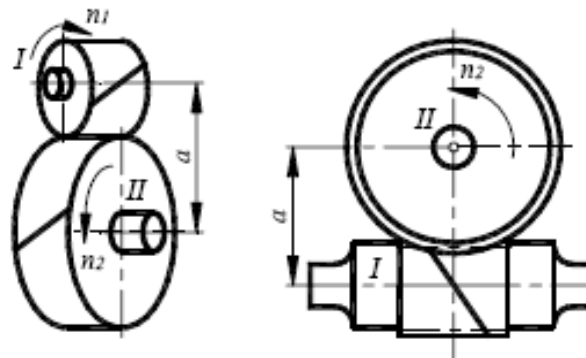
Сл.262. Упростено претставување на цилиндричен запчест пар



Сл.263. Упростено претставување на цилиндрични запченици со: а) прави, б) коси и в) стрелести запци

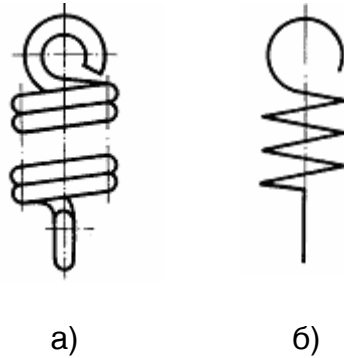


Сл.264. Шема на запчест преносник како а) надворешен и б) внатрешен запчест пар

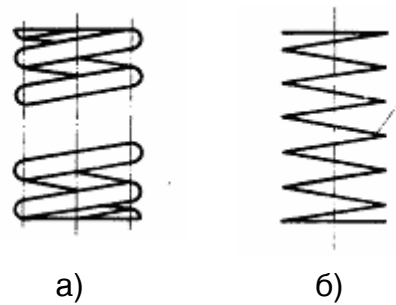


Сл.265. Шема на запчест пар за вртила што се разминуваат

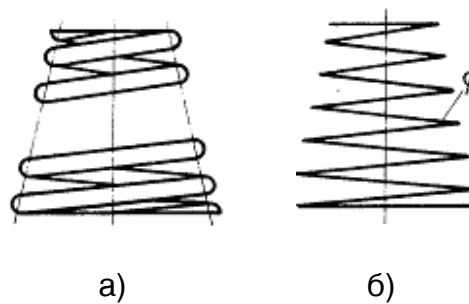
Пружини може да се претставуваат со упростено претставување на техничкиот цртеж и со шематско прикажување.



Сл.266. Упростено а) и шематско б) претставување на цилиндрична торзиона навојна затегнувачка пружина



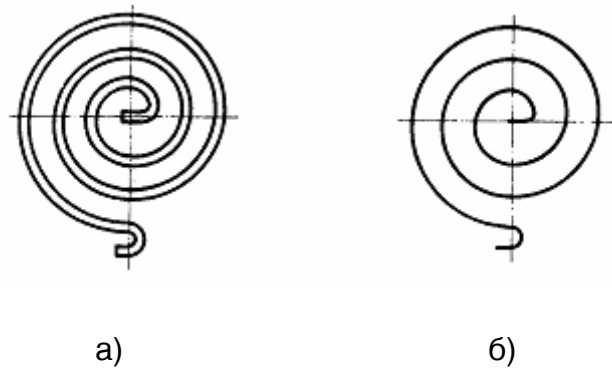
Сл.267. Упростено а) и шематско б) претставување на цилиндрична торзиона навојна притисна пружина



Сл.268. Упростено а) и шематско б) претставување на конусна навојна пружина



Сл.269. Упростено а) и шематско б) претставување на флексиони (лисни) пружини



Сл.270. Упростено а) и шематско б) претставување на спирални пружини

## ЛИТЕРАТУРА

1. Живко Миловановиќ, *Техничко цртање со нацртна геометрија*, Просветно дело, Скопје, 1990
2. Климент Тримчев, *Техничко цртање*, МФС, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, 1997
3. Р. Ташевски, *Инженерска графика*, Алфа 94, Скопје, 2004
4. Климент Јаким Тримчев, *Машински елементи*, МФС, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, 2009
5. Климент Јаким Тримчев, *Машински елементи – збирка решени задачи*, МФС, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, 1998
6. Здравко Минчев, Ристо Олумчев, *Машински елементи*, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, 1988
7. Елизабета Трајковска, Петар Бошковски, *Машински елементи со механика*, Минстерство за образование и наука на Република Македонија, Скопје, 2011
8. Dušan J. Vitas, Milan D. Trbojević, *Mašinski elementi I*, Naučna Knjiga, Beograd, 1982
9. Dušan J. Vitas, Milan D. Trbojević, *Mašinski elementi II*, Naučna Knjiga, Beograd, 1984
10. Dušan J. Vitas, Milan D. Trbojević, *Mašinski elementi III*, Naučna Knjiga, Beograd, 1978
11. Frederick E. Gresecke, Ivan L. Hill, Henry C. Spencer, Alva E. Mitchell, John Thomas Dygdon, James E. Novak, Shawna E. Lockhart, Marla Goodman, *Technical Drawing with Engineering Graphics*, Peachpit Press; 14 edition, 2011
12. Frederick E. Gresecke, Alva E. Mitchell, Henry C. Spencer, Ivan L. Hill, John Thomas Dygdon, James E. Novak, Shawna E. Lockhart, *Technical Drawing*, Prentice Hall; 13 edition, 2008
13. Cedil Jensen, Jay Helsel, Dennis Short, *Engineering Drawing And Design*, McGraw-Hill Science/Engineering/Math; 7 edition, 2007
14. John F. Hughes, Andries van Dam, Morgan Mc Guire and David F. Sklar, *Computer Graphics: Principles and Practice*, Addison-Wesley Professional; 3 edition, 2013

15. Sumanta Guha, *Computer Graphics Through OpenGL: From Theory to Experiments*, A K Peters/CRC Press; 2 edition, 2014
16. John F. Hughes, Andries van Dam, Morgan McGuire, David F. Sklar, James D. Foley, Steven K. Feiner, Kurt Akeley, *Computer Graphics: Principles and Practice*, Addison-Wesley Professional; 3 edition, 2013
17. Peter Shirley, Michael Ashikhmin, Steve Marschner, *Fundamentals of Computer Graphics*, A K Peters/CRC Press; 3 edition, 2009
18. Gary Bertoline, Eric Wiebe, Nathan Hartman, William Ross, *Technical Graphics Communication*, McGraw-Hill Science/Engineering/Math; 4 edition, 2008
19. Terence M. Shumaker, David A. Madsen, David P. Madsen, *AutoCAD and Its Applications Basics 2014*, Goodheart-Willcox; Twentieth Edition, Textbook edition, 2012
20. R K Singal, Mridul Singal, Rishi Singal, *Basics of Mechanical Engineering* , I K International Publishing House, 2007
21. John Bird, Carl Ross, *Mechanical Engineering Principles*, Routledge; 2 edition, 2012
22. Richard G Budynas, *Shigley's Mechanical Engineering Design*, McGraw-Hill Science/Engineering/Math; 10 edition, 2014