



Универзитет „Св. Кирил и Методиј“

Машински Факултет - Скопје



Проф. д-р Петар Симоновски  
Доц. д-р Никола Аврамов  
Доц. д-р Ташко Ризов

ПРАКТИКУМ  
за реализација на вежби по предметот

**- МАШИНСКИ ЕЛЕМЕНТИ –**

Скопје, Октомври 2018

## СОДРЖИНА

1. МАТЕМАТИКА
  - 1.1. Степен и операции со степени
  - 1.2. Коренување и операции со корени
  - 1.3. Проценти
  - 1.4. Тригонометрија
  - 1.5. Работа со калкулатор
2. ИНЖЕНЕРСКА ГРАФИКА
  - 2.1. Формати и размери
  - 2.2. Работилнички цртеж  
Проекции, пресеци и специјални погледи
  - 2.3. Цртање навојница и навојна површина
  - 2.4. Спојување со завртка и навртка
  - 2.5. Означување квалитет на површинска обработка
  - 2.6. Означување на толеранции
3. ОЗНАЧУВАЊЕ НА ЧЕЛИЦИТЕ СПОРЕД EN10027 СТАНДАРДОТ
  - 3.1. Означување со карактери
  - 3.2. Означување со броеви
4. МЕХАНИКА
  - 4.1. Основни закони на механиката
  - 4.2. Видови мерни системи - Меѓународен мерен систем (SI систем)
  - 4.3. Рамнински статички определени линиски носачи
    - 4.3.1. Проста греда
    - 4.3.2. Проста греда со препуст
    - 4.3.3. Конзоли
5. ЈАКОСТ
  - 5.1 Напрегања
  - 5.2. Напони
  - 5.3. Геометриски карактеристики на пресекот
    - 5.3.1. Површина
    - 5.3.2. Момент на инерција
    - 5.3.3. Отпорен момент
6. ТОЛЕРАНЦИИ

# 1. МАТЕМАТИКА

## 1.1. Степен и операции со степени

$$\underbrace{a \cdot a \cdot a \dots a}_n = a^n; n \in N \setminus \{1\};$$

$a$  – основа, база (на степен);

$n$  – степенов показател (експонент).

Степенување со нула за  $a \neq 0$  се добива еден:  $a^0 = 1$ , за  $a \neq 0$ .

Степенување со показател 1 (еден), е самиот број  $a$ , т.е.  $a^1 = a$ .

### 1.1.1. Знак на степен

$a^n > 0$ , за  $a > 0$  и  $n \in Z$

$(-a)^{2n} > 0$  (експонент парен),  $a > 0$ ;

$(-a)^{2n+1} < 0$  (експонент непарен),  $a > 0$ .

### 1.1.2. Собирање и одземање на степени

Можат да се собираат и одземаат само степени со еднакви основи и експоненти.

### 1.1.3. Множење на степени

а) Степени со еднакви основи се множат така што заедничката основа се степенува со збирот од показателите на множителите:

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$$

б) Степени со еднакви показатели се множат така што основите меѓу себе се множат, а производот се степенува на истиот показател:

$$a^n \cdot b^n = (a \cdot b)^n$$

### 1.1.4. Делење со степени

а) Степени со еднакви основи се делат така што заедничката основа се степенува со разликата меѓу показателот на деленикот и на делителот,

т.е.  $a^m : a^n = a^{m-n}$

б) Степени со еднакви показатели се делат така што основите меѓу себе се делат, а количникот се степенува со истиот показател:

$$a^n : b^n = (a : b)^n = \left(\frac{a}{b}\right)^n$$

### 1.1.5. Степен со негативен цел показател

$$\left(\frac{a}{b}\right)^{-n} = \left(\frac{b}{a}\right)^n; \quad a^{-n} = \frac{1}{a^n}; \quad a^n = \frac{1}{a^{-n}}; \quad (a \cdot b)^{-n} = \frac{1}{(a \cdot b)^n}.$$

### 1.1.6. Степенување на степен и степенување на дробка

Степен се степенува така што основата се степенува со производ од показателите:

$$(a^m)^n = a^{m \cdot n} \quad \text{или} \quad \left[(a^m)^n\right]^k = a^{m \cdot n \cdot k}$$

Дробка се степенува така што се степенуваат и броителот и именителот:

$$\left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}$$

## 1.2. Коренување и операции со корени

**Коренување** е обратна операција од степенување.

$$\text{Од: } a = x^n \Rightarrow x = \sqrt[n]{a}$$

$a$  – поткоренова величина (основа, радикал),

$n$  – коренов показател,

$x$  – корен (експонент).

**1.2.1. Корен од производ** е еднаков на количник од корени:

$$\sqrt[n]{a : b} = \sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \sqrt[n]{a} : \sqrt[n]{b} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}.$$

**1.2.2. Корен од степен**

$$\sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}} = \left(\sqrt[n]{a}\right)^m.$$

**1.2.3. Корен од корен**

$$\sqrt[m]{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[m \cdot n]{a} = a^{\frac{1}{m \cdot n}}.$$

**1.2.4. Производ на корени** со еднаква поткоренова основа, а различни коренови показатели:

$$\sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[m]{a} = a^{\frac{1}{n}} \cdot a^{\frac{1}{m}} = a^{\frac{m+n}{m \cdot n}}$$

**1.2.5. Количник на корени** со еднаква поткоренова основа, а различни коренови показатели:

$$\sqrt[n]{a} : \sqrt[m]{a} = a^{\frac{1}{n}} : a^{\frac{1}{m}} = a^{\frac{m-n}{m \cdot n}} = \sqrt[m \cdot n]{a^{(m-n)}}.$$

### 1.2.6. Корен на степен

$$\left(\sqrt[n]{a}\right)^m = \left(a^{\frac{1}{n}}\right)^m = a^{\frac{m}{n}}$$

пример:

$$\left(a^{\frac{1}{3}}\right)^{10} = \sqrt[3]{a^{10}}$$

### 1.3. Проценти

Процент (р) е стоти дел од единица како целина.

Основна вредност (главнина:  $G$  или  $k$ ,  $S$ ) е целина од која се пресметува процентот.

Процентен износ ( $i$ ) е износот на процентот за дадена целина.

Функционална врска меѓу:  $i$ ,  $k$  и  $p$ :

$$i = \frac{k \cdot p}{100}; \quad k = \frac{100 \cdot i}{p}; \quad p = \frac{100 \cdot i}{k}.$$

пример: Зададена е сила  $F$ . Колкава е силата зголемена за 23.3% ?

$$F_1 = F + \frac{23.3}{100} F = F(1 + 0.233) = 1.233F$$

### 1.4. Тригонометрија

Мерење на агли и лакови од круг се врши со единечни агли и единечни лакови кои се викаат: радијан, степен, градиус, илјадити.

**Радијан** (1 rad) е мерка на лак од централен агол кој е однос на кружниот лак кон радиусот на кругот на кој припаѓа тој лак од централен агол каде должината на лакот е еднаква на радиусот.

**Еден степен** е 360-ти дел од полн агол како единичен агол или единечен лак и се означува со  $1^\circ$ , а помали делови од степен се во минута и секунда.

$$1^\circ = 60' = 3600''; \quad 1' = 60''; \quad 1'' = \frac{1'}{60} = \frac{1^\circ}{3600}.$$

Претворање од степени, минути, секунди во степени со децимали

пример:

$$48^\circ 23' 15'' = 48^\circ + 23' + \frac{15}{60} = 48^\circ + \frac{23}{60} + \frac{15}{3600} = 48,3875^\circ$$

#### 1.4.1. Преминување од еден во друг систем на единици мерки

$\frac{A}{\pi} = \frac{B}{180^\circ}$  каде  $A$  – број на радијани од некој агол,  $B$  – број на степени од некој агол.

$$1\text{rad} = 1^\circ \cdot \frac{\pi}{180}$$

$$1^\circ = 1\text{rad} \cdot \frac{180}{\pi}$$

пример:

Колку радијани се  $48^\circ 23' 15''$ ?  $A[\text{rad}] = \frac{48.3875^\circ \cdot \pi}{180^\circ} = 0.8441$ ;

Колку степени се 1,71362 радијани?  $B[^\circ] = \frac{1.71362 \cdot 180^\circ}{\pi} = 98.233^\circ$ ;

$$98.233^\circ = 98^\circ + 0.233 \cdot 60 = 98^\circ 13' + 0.98 \cdot 60 = 98^\circ 13' 58'' + 0.8 \cdot 60 = 98^\circ 13' 58'' 48'''$$

### 1.4.2. Основни функции кај правоаголен триаголник

**Синус**

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} = \frac{\text{спротив.кат.на}\alpha}{\text{хипотенуза}}; \sin \beta = \frac{b}{c} = \frac{\text{спротив.кат.на}\beta}{\text{хипотенуза}}$$

**Косинус**

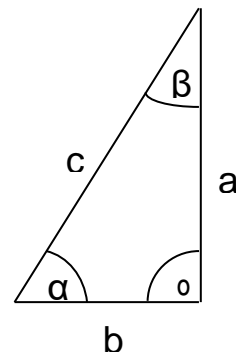
$$\cos \alpha = \frac{b}{c} = \frac{\text{налег.кат.на}\alpha}{\text{хипотенуза}}; \cos \beta = \frac{a}{c} = \frac{\text{налег.кат.на}\beta}{\text{хипотенуза}}$$

**Тангенс**

$$\text{tg} \alpha = \frac{a}{b} = \frac{\text{спротив.кат.на}\alpha}{\text{налег.кат.на}\alpha}; \text{tg} \beta = \frac{b}{a} = \frac{\text{спротив.кат.на}\beta}{\text{налег.кат.на}\beta}$$

**Котангенс**

$$\text{ctg} \alpha = \frac{b}{a} = \frac{\text{налег.кат.на}\alpha}{\text{спротив.кат.на}\alpha}; \text{ctg} \beta = \frac{a}{b} = \frac{\text{налег.кат.на}\beta}{\text{спротив.кат.на}\beta}$$



### 1.4.3. Операции со тригонометриски функции - Функции на збир/разлика од агли

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta;$$

$$\sin(\alpha - \beta) = \sin \alpha \cos \beta - \cos \alpha \sin \beta;$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta;$$

$$\cos(\alpha - \beta) = \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta;$$

$$\text{tg}(\alpha + \beta) = \frac{\text{tg} \alpha + \text{tg} \beta}{1 - \text{tg} \alpha \cdot \text{tg} \beta};$$

$$\text{tg}(\alpha - \beta) = \frac{\text{tg} \alpha - \text{tg} \beta}{1 + \text{tg} \alpha \cdot \text{tg} \beta};$$

$$\text{ctg}(\alpha + \beta) = \frac{\text{ctg} \alpha \cdot \text{ctg} \beta - 1}{\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \beta};$$

$$\text{ctg}(\alpha - \beta) = \frac{\text{ctg} \alpha \cdot \text{ctg} \beta + 1}{\text{ctg} \alpha - \text{ctg} \beta};$$

#### 1.4.4. Инверзни тригонометриски функции

$\arcsin x$  е агол чиј синус е еднаков на  $x$ . Се чита: аркус синус од  $x$ .

Аналогно се дефинираат и другите инверзни функции. Сите инверзни функции се со повеќе значења што следува од периодичноста на тригонометриските функции. Имено, има бескрајно многу агли (кои се разликуваат за периодот на функцијата која одговара) чиј  $\sin$  ( $\cos$ ,  $\operatorname{tg}$ ,  $\operatorname{ctg}$ ) се еднакви за дадената функција.

##### 1.4.4.1. Основни односи и операции кај инверзните функции

$$\begin{aligned}\sin(\operatorname{Arcsin} x) &= x; & \operatorname{Arcsin} x + \operatorname{Arccos} x &= \frac{\pi}{2}; \\ \cos(\operatorname{Arccos} x) &= x; & \operatorname{Arctg} x + \operatorname{Arcctg} x &= \frac{\pi}{2}. \\ \operatorname{tg}(\operatorname{Arctg} x) &= x; & & \\ \operatorname{ctg}(\operatorname{Arcctg} x) &= x. & & \end{aligned}$$

$$\operatorname{Arcsin} x \pm \operatorname{Arcsin} y = \operatorname{Arcsin}(x\sqrt{1-y^2} \pm y\sqrt{1-x^2}).$$

##### 1.4.4.2. Инверзните функции на негативни аргументи

$$\operatorname{Arcsin}(-x) = -\operatorname{Arcsin} x;$$

$$\operatorname{Arccos}(-x) = -\operatorname{Arccos} x + \pi;$$

$$\operatorname{Arctg}(-x) = -\operatorname{Arctg} x;$$

$$\operatorname{Arcctg}(-x) = \operatorname{Arcctg} x + \pi.$$

#### 1.5. Работа со калкулатор

Вашиот калкулатор може да пресметува во различни системи на единици мерки. Со притискање на копчето DRG се менуваат системите:

- DEG – внесува и прикажува вредности во мерка *степен*
- RAD – внесува и прикажува вредности во мерка *радијани*
- GRAD - внесува и прикажува вредности во *градуси*

А) Претворање на агол од форматот минути/степени/минути во децимален формат  
→DEG 2ndF →DMS

Б) Операции со логоритам

ln	Пресметува логоритам со основа $e$ ( $e=2.718281828$ )
2ndF $e^x$	Пресметува антилогоритам со основа $e$ од прикажаниот број
log	Пресметува логоритам со основа 10
2ndF $10^x$	Пресметува антилогоритам со основа 10

В) Степенување и коренување

$y^x$	Внесениот број го крева на степен $x$ (пример: $2^3 = 2^3 = 8$ )
2ndF $\sqrt[x]{y}$	Пресметува $x$ -ти корен од внесениот број (пример: $8 \text{ 2ndF } \sqrt[3]{8} = 2$ )
$\sqrt{\quad}$	Пресметува квадратен корен од внесениот број
2ndF $\sqrt[3]{\quad}$	Пресметува трети корен од внесениот број (пример: $8 \text{ 2ndF } \sqrt[3]{8} = 2$ )
$x^2$	Пресметува квадрат од внесениот број
2ndF $1/x$	Пресметува реципрочна вредност на внесениот број

Г) Работа со меморирање на вредности

$x \rightarrow M$	Ги брише податоците запомнети во меморијата и го запомнува прикажаниот број
RM	Ги прикажува податоците запомнети во меморијата. По употреба на ова копче податоците остануваат во меморијата.
M+	Ја додава прикажаната вредност во меморија

Наведените операции може да имаат отстапување во зависност од производителот на калкулаторот, поради тоа потребно е да се прочита упатството од производителот на вашиот калкулатор.



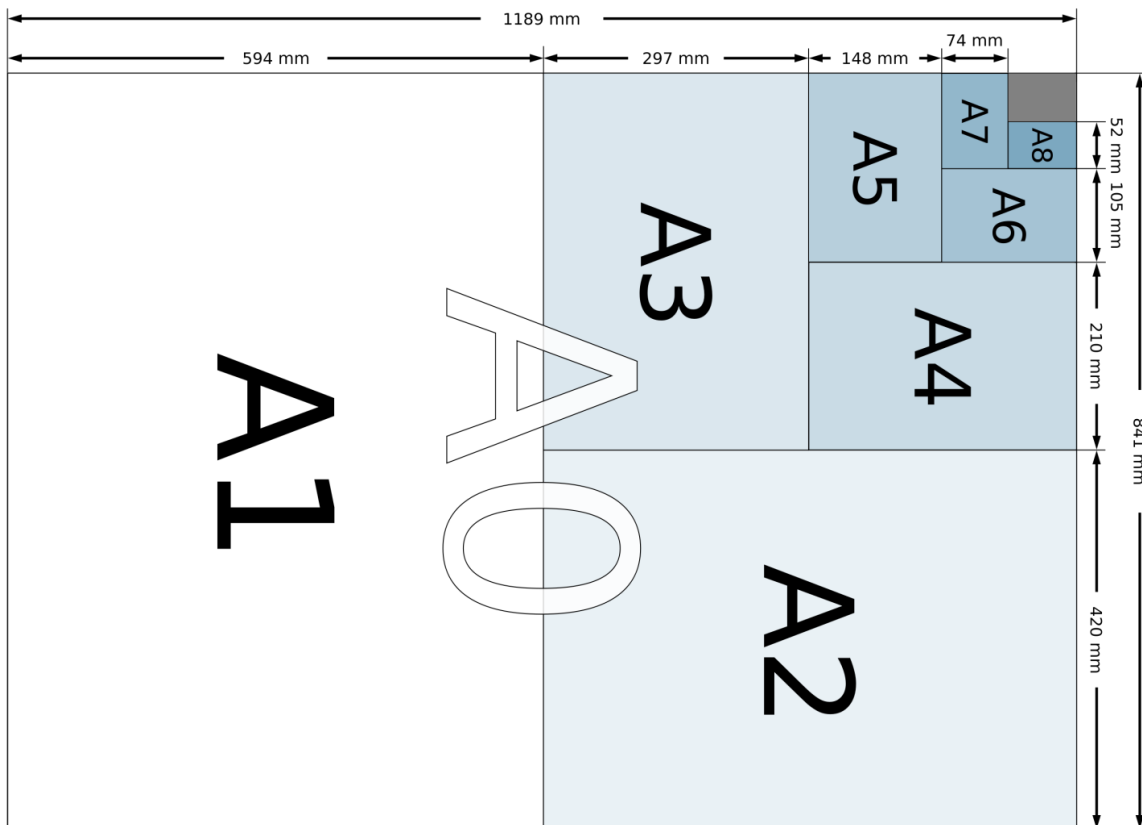
## 2. ИНЖЕНЕРСКА ГРАФИКА

### 2.1. Формати и размери

Формат	Димензии во милиметри
A0	841 x 1189
A1	594 x 841
A2	420 x 594
A3	297 x 420
A4	210 x 297
A5	148 x 210
A6	105 x 148

### Стандардни размери

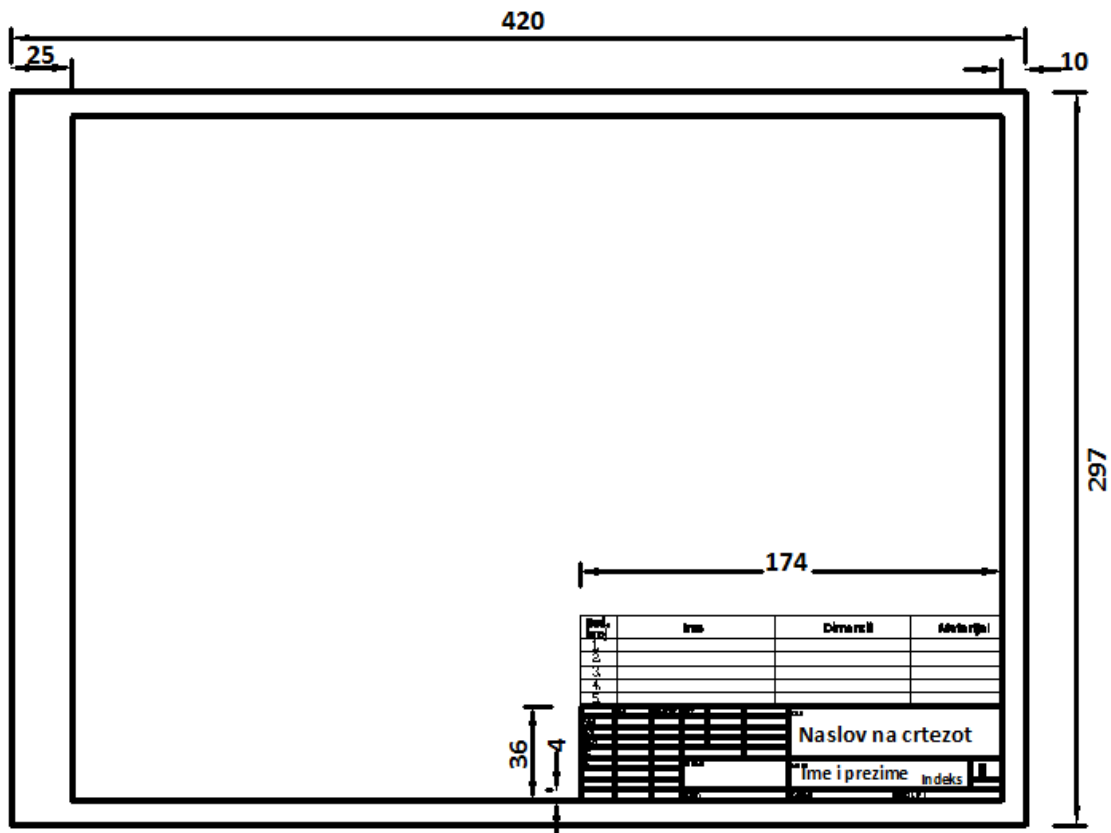
Природна големина	1 : 1		
Намалување	1 : 2	1 : 5	1 : 10
	1 : 20	1 : 50	1 : 100
	1 : 200	1 : 500	1 : 1000
Зголемување	2 : 1	5 : 1	10 : 1



## 2.2. Работилнички цртеж

Изработката на работилнички цртеж на машински дел настанува во две цртачки фази: скицирање и финално претставување. Скицирањето се изведува слободорачно со внесување на сите елементи и податоци потребни за работилничкиот цртеж. Потоа скицата со прецизно исцртување се претвора во работилнички цртеж. Редоследот на операциите, потребни за изработка на скицата за работилнички цртеж на машински дел, е следен:

- Се создава визуелна претстава за машинскиот дел што се скицира
- Се одредува колку погледи и пресеци се потребни за машинскиот дел
- Се одредува размер за цртање во однос на големината на хартијата
- Се исцртуваат потребните погледи на машинскиот дел
- Се дефинираат пресечни рамнини и се цртаат пресеците
- Се котира машинскиот дел
- Се внесуваат знаци за квалитет на површинска обработка
- Се внесуваат толеранции
- Се дефинира материјал и евентуално површинската и термичката заштита
- Се внесуваат останати податоци потребни за изработка на машинскиот дел.

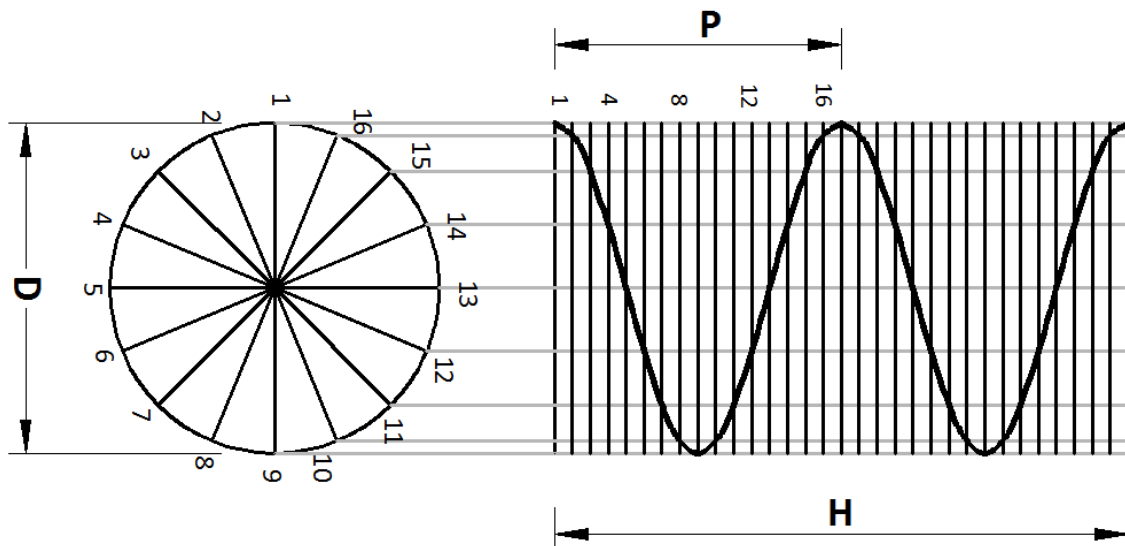


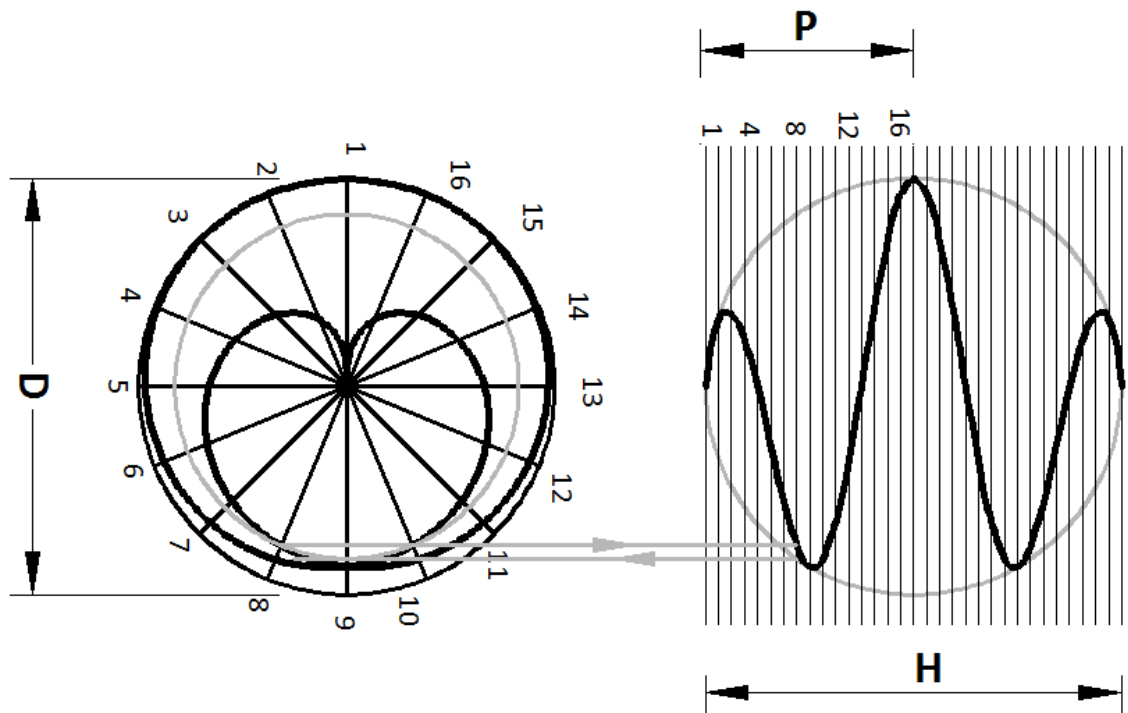
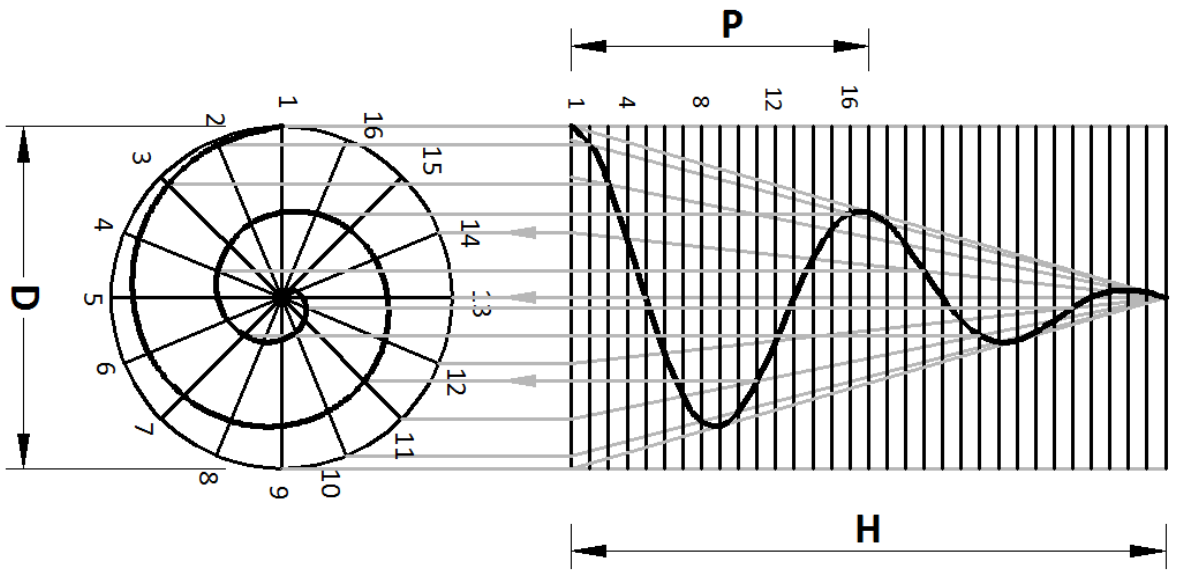
## ДОМАШНА РАБОТА БР. 1

### Цртање навојница и навојна површина

Машинските делови, склопови и групи кои влегуваат во состав на една машина, зависно од функцијата меѓусебно се поврзани со разни видови на врски. Основна задача на секоја врска на машинските делови е пренесување на оптоварување од еден дел на друг под услов цврстината на врската да одговара на цврстината на деловите.

Основни геометриски и кинематски елементи на навојот се: навојници и навојни површини. Постојат два типа и тоа цилиндрична и конична навојница. Под кружна цилиндрична **навојница** се подразбира просторна крива линија која лежи на обвивката на еден цилиндар а настанува со намотување на една права линија која изводницата на цилиндарот ја сече под константен агол од 0 до  $\pi/2$  радијани. Кружна конична навојница лежи на обвивката на еден конус. **Чекор на навојницата Ph** е аксијално растојание помеѓу две последователни точки на пресекот на навојницата со изводницата на обвивката на цилиндарот односно аксијално растојание на една точка на навојницата изминато за еден цел вртеж околу нејзината оска. Надворешен навој е оној навој кој е формиран на надворешната површина на обвивката на цилиндарот а внатрешен на внатрешната површина. Притоа се разликуваат лев и десен навој. Десен навој е оној кој гледајќи во правец на насоката се навива во насока на стрелката на часовникот и притоа се одалечува, додека левиот навој при истите услови се навива во насока спротивна на стрелките од часовникот и истотака се одалечува. **Навојна површина** или хеликоид е површина која настанува со навојното движење на праволиниска изводница околу неподвижна оска. Пресекот на навојната површина со било кој цилиндар чија оска се совпаѓа со оската на хеликоидот дава цилиндрична навојница. Во зависност од положбата на изводницата према оската на хеликоидот се разликуваат неколку типови на навојни површини.





Графички приказ на цилиндрична, конусна и сферна навојницата

Постапката на цртање на навојниците се состои од следните чекори:

### 1. Цилиндрична десна навојница

- се цртаат првата и втората проекција на цилиндарот со пречник  $D$  и висина  $H$ .
- првата проекција - круг со дијаметар  $D$  се дели на еднакви делови (во овој случај 16 еднакви дела) кои се нумерирани обратно од насоката на движење на стрелките на часовникот.
- втората проекција на цилиндарот е правоаголник со висина  $H$  која е еднаква на два чекори  $P$ . Чекорите  $P$  се делат на ист број поделби како првата проекција (во овој случај 16 еднакви дела), нумерирани од долу нагоре.
- од првата проекција нагоре се повлекуваат вертикални линии од точките на поделбите на кругот до пресекот на соодветните хоризонталните поделби на чекорот.
- пресекот на вертикалните линии и поделбите на чекорот (хоризонталните линии) ги даваат точките на навојницата.
- со слободна рака поврзете ги точките со што се добива проекција на цилиндричната десна навојница.

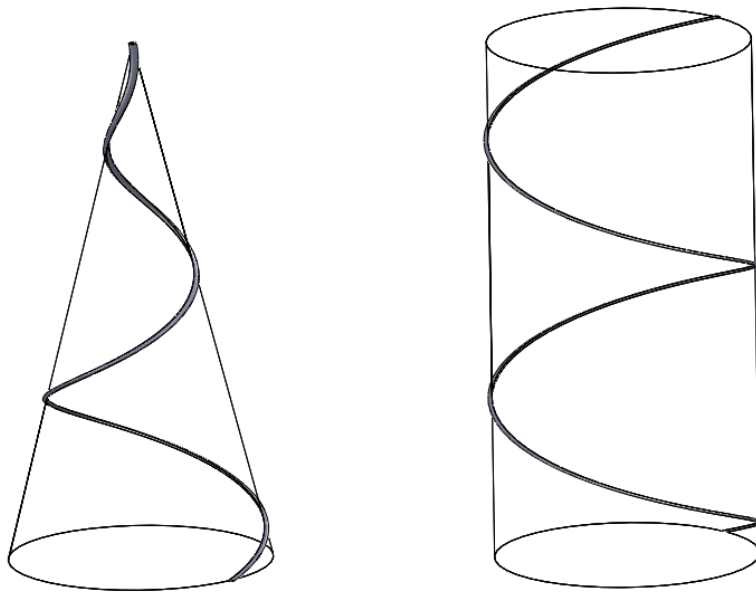
### 2. Конусна десна навојница

- се цртаат првата и втората проекција на конусот со пречник  $D$  и висина  $H$ .
- првата проекција - круг со дијаметар  $D$  се дели на еднакви делови (во овој случај 16 еднакви дела) кои се нумерирани обратно од насоката на движење на стрелките на часовникот.
- втората проекција на конусот е рамнокрак триаголник со основа  $D$  и висина  $H$ . Висината е еднаква на два чекори  $P$ . Чекорите  $P$  се делат на ист број поделби како првата проекција (во овој случај 16 еднакви дела), нумерирани од долу нагоре.
- од првата проекција нагоре се повлекуваат вертикални линии од точките на поделбите на кругот до пресекот со основата на втората проекција (основата на рамнокракиот триаголник). Од пресечните точки се повлекуваат изводници до врвот на триаголникот.
- пресекот на изводниците со поделбите на чекорот (хоризонталните линии) ги даваат точките на навојницата во втората проекција.
- со слободна рака поврзете ги точките со што се добива втора проекција на конусната десна навојница.
- точките од првата проекција на навојницата се добиваат со спуштање вертикални линии од вторите проекции на точките на навојницата до пресекот со соодветните поделби на кругот во прва проекција.

### 3. Сферна десна навојница

- се цртаат првата и втората проекција на топката кои се кругови со пречник  $D$ .
- во првата проекција кругот со дијаметар  $D$  се дели на еднакви делови (во овој случај 16 еднакви дела) кои се нумерирани во правец на кружното движење на точката за оформување на навојницата.

- втората проекција на топката е круг со пречник  $D$ . Пречникот на кругот е еднаков на два чекори  $P$ . Чекорите  $P$  се делат на ист број поделби како првата проекција (во овој случај 16 еднакви дела), нумерирани од долу нагоре.
- пресекот на хоризонталните линии (поделби) со кругот во втората проекција, претставува радиус на помошен круг кој треба да се нацрта во првата проекција. Пресекот на помошниот круг со соодветната поделба ја дава точката од сферната навојница во прва проекција.
- втората проекција на горе наведената точка се добива кога ќе се повлече вертикална линија од нејзината прва проекција до пресекот со соодветната поделба на чекорот во втората проекција.
- со слободна рака поврзете ги точките.



Просторен приказ на конусна и цилиндрична навојницата

## ДОМАШНА РАБОТА БР. 2 (слика 2.3а, 2.3б и 2.4 првата слика)

### Спојување со завртка и навртка

Основни елементи на навојот се:

- $\alpha$  - Агол на навојот
- $d, D$  - Надворешен дијаметар на навојот
- $d_1, D_1$  - Внатрешен дијаметар на навојот
- $d_2=D_2$  - Среден дијаметар на навојот
- $P$  - Чекор на навојот
- $P_h$  - Висина на одот на навојот
- $h_1$  - Длабочина на навојот
- $H_1$  - Длабочина на носење на навојот
- $R$  - Радиус на заоблување на дното на навојот
- $L$  - Должина на навојот

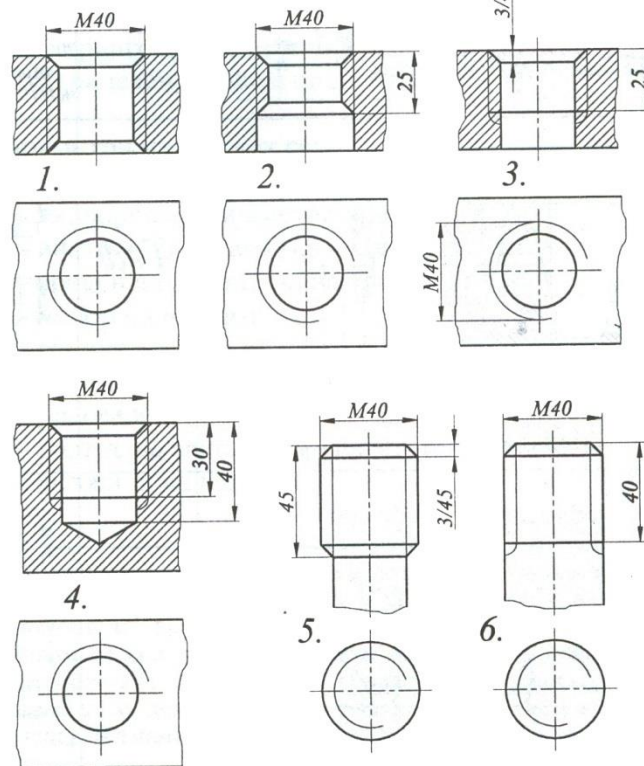
На сликата 2.1. детално се прикажани најупотребуваните навои и нивното котирање. Прикажан е метрички со триаголност профил, витвортов, трапезен и кос трапезен навој. Метрички или милиметарски навој се користи во поновите конструкции. Додека витвортовите или цолните профили се користат кај навоите на резервните делови и кај цевните навои, другите се користат за специјална намена.

Профил на навој	Метрички	Витвортов и цевен (цолен)	Трапезен	Кос
<b>Md</b>	<b>Md</b>	<b>Wd</b> и <b>Rd</b>	<b>Trd</b>	<b>Sd</b>
<p>M20x1.5 - метрички фин навој со <math>d=20\text{mm}</math> и чекор <math>P=1.5\text{mm}</math></p>	<p>M20x1.5 - метрички фин навој со <math>d=20\text{mm}</math> и чекор <math>P=1.5\text{mm}</math></p>	<p>W1" - витвортов цолен навој со <math>d=1"</math> (називен дијаметар е внатрешниот дијаметар на цевката) R1/4" - цевен цолен навој</p>	<p>Tr25x4H - лев трапезен навој со <math>d=25\text{mm}</math>, чекор <math>P=4\text{mm}</math></p>	<p>S40x10/0.5P=10 - повеќенавоен кос навој со <math>d=40\text{mm}</math>, чекор <math>P=5\text{mm}</math>, висина на од <math>P_h=10\text{mm}</math></p>

Слика 2.1. Видови навои и нивно претставување и котирање

Рамнинската фигура која навојно ротира во однос на стеблото или отворот, може да завзема две положби, при тоа што се добива **испакнат и вдлабнат навој**.

На сликата 2.2. е прикажан начинот на претставување на внатрешен и надворешен испакнат и вдлабнат навој. Навојот се претставува упростено така, што врвот на забот се црта со дебела линија, а коренот на забот – со тенка линија. Во поглед одгоре, врвот на забот се црта со цел круг, а коренот на забот – со три четвртини од кругот, со тоа што не смее да заврши на оската. На првиот пример е презентирани внатрешен навој со закосувања од двете страни. Закосувањата се изведуваат заради полесно навлегување на завртката. На вториот пример е прикажан внатрешен испакнат навој. На третиот пример е даден вдлабнат внатрешен навој врежан во отвор кој не поминува низ целата длабочина на материјалот. Отворот завршува со конусен завршеток под агол од  $120^\circ$ . На петтиот пример е прикажан надворешен испакнат навој, и на шестиот пример е прикажан надворешен вдлабнат навој.

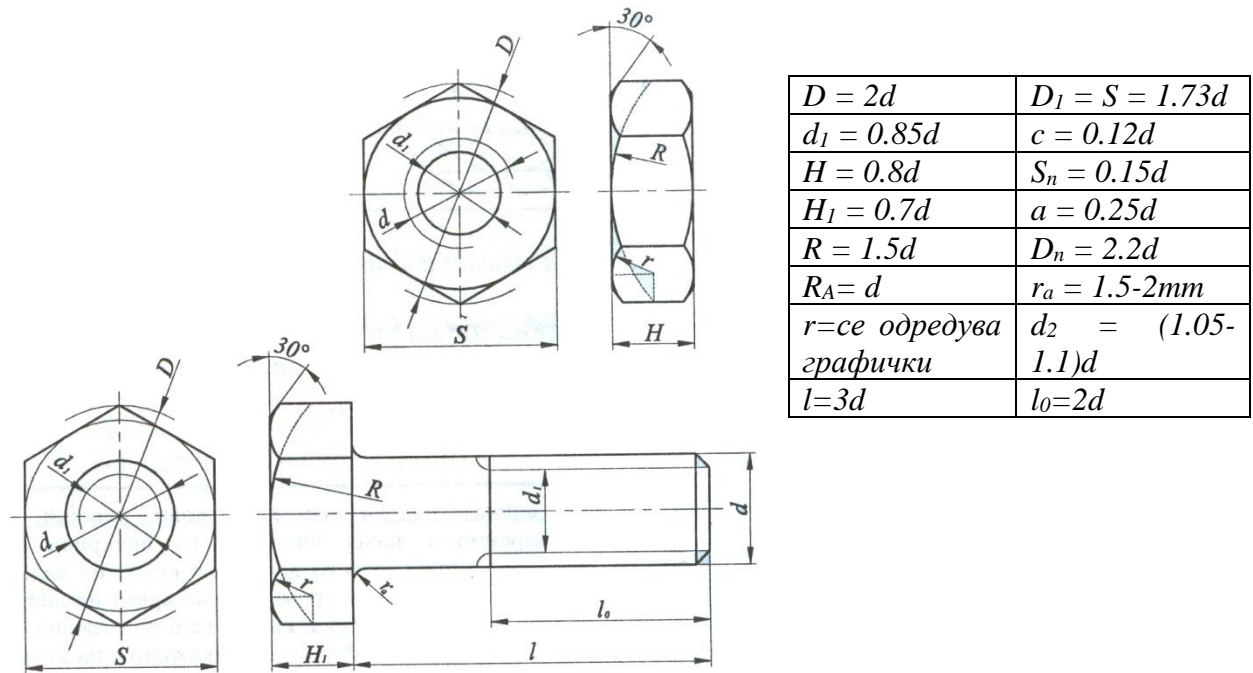


Слика 2.2. Внатрешен (1,2,3,4) и надворешен (5,6), испакнат (2,5) и вдлабнат (3,4,6) навој

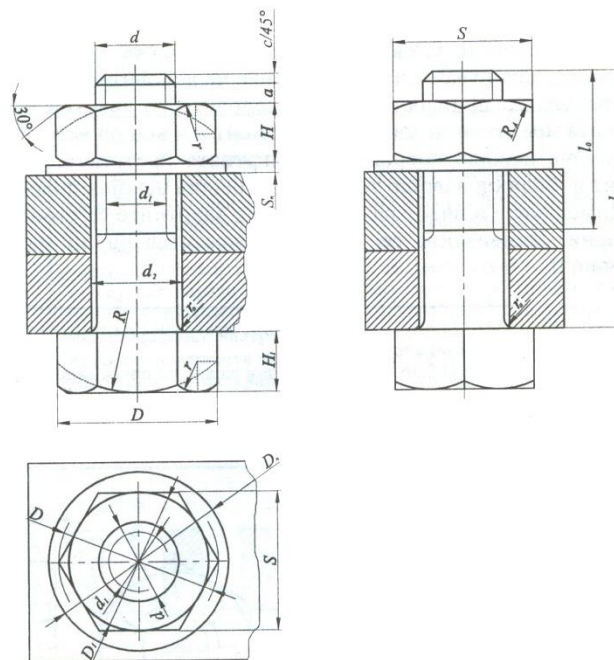
Врската на два или повеќе делови во машинските склопови може да биде неразделна и разделна. Неразделна врска се остварува со заварување, залепување или заковување на деловите. Разделна врска се остварува со прицврстување на деловите со **завртка и навртка**. Завртката претставува машински елемент добиен од навојно тело со надворешна навојна површина, а навртката претставува машински елемент добиен од навојно тело со внатрешна навојна површина. Димензиите и видот на навртките и завртките се строго стандардизирани. Димензиите се табеларно претставени во машинските прирачници.



На сликата 2.3а е прикажано претсавување на завртка и навртка и нивно димензионирање. На сликата 2.3б е прикажан спој на две плочи со завртка и навртка во три погледи – пресеци. Навртката содржи внатрешен навој, а завртката – надворешен навој. Сите димензии на завртката, навртката и подлошката зависат од надворешниот дијаметар на навојот  $d$ .



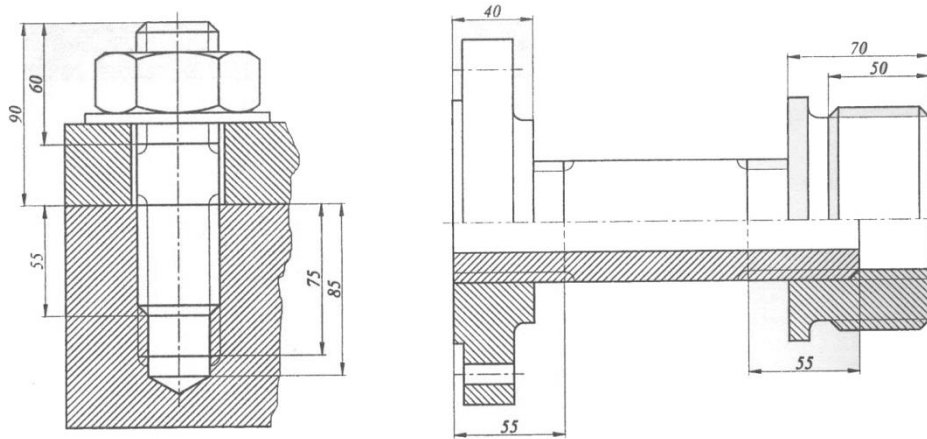
Слика 2.3а Завртка и навртка



Слика 2.3б Спој на две плочи со завртка и навртка

Основните принципи на упростено прикажување на навој се користат и за навојни делови во склоп, при што на делот на навојот кој е во склоп надворешниот навој, секогаш го прекрива внатрешниот навој.

На сликата 2.4. се прикажани навојни делови во склоп. Надворешниот навој визуелно го прекрива внатрешниот навој. Дебелата линија што го дефинира врвот на надворешниот навој, по неговото завршување преминува на врвот на внатрешниот навој. Тоа се гледа на првата слика, каде што е прикажана навојна врска на два склопени елементи. Истото е прикажано и на втората слика, каде што се склопени три елементи.



Слика 2.4. Склопени навојни делови

## 2.5. Означување квалитет на површинска обработка

Означувањето на квалитетот на површините се врши по важечките стандарди кои се во склад со ISO 1302. Пропишани се знаците за квалитет на површинска обработка со одредена геометриска форма и со бројна вредност на степенот на најголемата дозволена рапавост на површините.

На сликата 2.5. е претставен знак за обележување на квалитетот на површините. Знаците по својата геометриска форма претставуваат рамностран триаголник со продолжен крак. Димензиите на знакот зависат од големината на форматот на цртежот (за A3 формат рамностраниот триаголник е со висина 5mm, а целиот знак – 10 mm). Значењето на симболите е прикажано во извадокот од ISO стандардот.



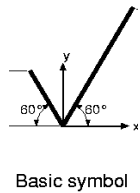
Слика 2.5. Симболи за означување на квалитет на површинска обработка

Површинската раповост се дефинира со задавање на бројна вредност над знакот или над ставката за површинска обработка во  $\mu\text{m}$  или внесување на ознака на класата на површинската обработка од следната табела:

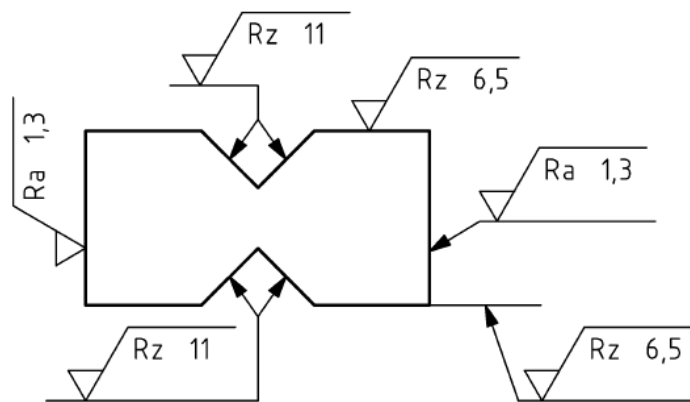
### Ознаки за квалитет на површинска обработка

Најголема вредност на $Ra$ во $\mu\text{m}$	0.025	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5	25	50
Класа на површинска раповост	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
Примена	Најпрецизни површини (контролни мерила)			Многу прецизни мазни површини			Мазни површини		Груби површини		Многу груби површини	
	Цврсто налегнување											

Извадок од стандардот ISO 1302



	<b>c</b>	<b>d Lay</b>	<b>a Surface parameter</b>
	<b>e</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Parallel</li> <li>⊥ Perpendicular</li> <li>X Cross-hatch</li> <li>M Multi-directional</li> <li>C Circular</li> <li>R Radial</li> <li>P Particulate</li> </ul>	<b>D F S-L / Rz N C V</b> D Tolerance direction, upper (U) or lower (L) F Filter type, for example "2RC" S Short filter cutoff, for removing noise L Long filter cutoff, for removing waviness R Profile type, primary (P), waviness (W), or roughness (R) z Parameter type, for example "a" for Ra or "3z" for R3z N Assessment length; multiple of sampling length, usually 5 C Comparison rule, "max" for 100%, "16%" for 116% V Specified value in micrometers
<b>b Secondary surface parameter</b>	<b>c Manufacturing method</b>	<b>e Minimum material removal</b>	
	Material removal not allowed		Material removal required



### 3. ОЗНАЧУВАЊЕ НА ЧЕЛИЦИТЕ СПОРЕД EN10027

Начинот на означување на челиците според CEN (Европската комисија за стандардизација) е одреден во стандардот EN10027 во два дела:

- Дел 1 - Означување со карактери
- Дел 2 - Означување со бројки

Името на челикот претставува комбинација од знаци и бројки какошто е опишано во EN10027-1. Со овој систем на означување, имињата на челиците се поделени во две групи. Системот е сличен, меѓутоа не идентичен со оној одреден со ISO техничкиот запис (ISO TR4949:1989 „Означување на челици со карактерни симболи“).

#### 3.1 Означување со карактери

Имињата на челикот од групата 1 според стандардот EN10027-1 се однесува на челици кои се означени според нивната употреба или физички особини. Овие челици имаат ознаки кои се составени од еден или повеќе карактери, во зависност од употребата, на кои следи нумерички карактер во зависност од особините на челикот. Различни групи на челици според EN10027-1:

- општи конструктивни челици почнува со S,
- челици за производи под притисок со P,
- челици за цевководи почнува со карактерот L,
- конструктивен челик за посебна намена во машиноградбата со E,
- челик за зајакнување на бетон со B,
- челик за пред-напрегање на бетон со Y,
- челик за изработка на шини со R,
- челик за плоскати производи со D,
- челик за плоскати производи со висока јакост со H,
- челик за производи од тенок валан лим со T,
- челици за употреба во електрониката со M.

Означувањето на челиците од групата 2 се состои од означување на челици според нивниот хемиски состав, кои понатаму се делат во четири под-групи во зависност од количината на легирачки елемент.

Примери на ознаки од оваа група 2:

EN10222-2 Име на челикот 13CrMo4-5

EN10250-4 Име на челикот X2CrNi18-9

Општи конструктивни челици											
Главни симболи					Додатни симболи за челик					Додатни симболи за производи од челик	
G	S	n	n	n	an .....					+an +an .....	*a

Главни симболи		Додатни симболи за челик			
Ознака	Јакосна карактеристика	Група 1 *б		Група 2 *в г	
G = челичен лив (доколку е потребно)	ppp = назначена минимална граница на течење *д во	Крактеристики на удар при тест на жиловост Енергија (J)		Температура при тестирање	
S = конструктивен челик	MPa *е за најмалиот интервал на дебелина	27J	40J	60J	°C
		JR	KR	LR	20
		J0	K0	L0	0
		J1	K1	L1	-10
		J2	K2	L2	-20
		J3	K3	L3	-30
		J4	K4	L4	-40
		J5	K5	L5	-50
		J6	K6	L6	-60
		A = термички подобрен M = термомеханички валан N = нормализиран или нормализирано валан Q = термички подобрен со нагло ладење G = следат останати карактеристики доколку е потребно со 1 или 2 карактери			
		C = Ладно обликување D = Топло обликување E = Емајлирање F = Ковање H = Празен профил L = Ниска температура M = Термомеханички валан N = Нормализиран или нормализирано валан P = Напластување Q = Термички подобрен со нагло ладење S = Бродоградба T = Цевки W = Отпорен на надворешни влијанија an = Хемишки симбол за одредени додатни елементи, пр. Cu, заедно, доколку е потребно со 1 карактер кој претставува 10 x просечната (заокружена на 0,1%) на одредено подрачје на содржина на тој елемент			

\*а n = нумерички карактери, а = јазични карактери, an = нумерички и јазични.

\*б Симболите А, М, N и Q во Група 1 се однесуваат на челици со ситна кристална решетка.

\*в Симболите од Група 2, кои не се хемиски симболи, може да бидат проследени со 1 или 2 карактери со цел да се разликуваат помеѓу квалитетот во зависност од соодветниот стандард на производот.

\*д Доколку се потребни 2 карактери од оваа Група, хемиски е симболи ќе бидат последни.

\*е Изразот „граница на течење“ се однесува на горна и долна граница на течење (ReH) или (Rel) или конвенционална граница (Rp), или конвенционална граница на целосно истегнување (Rt), во зависност од потребата или соодветниот стандард на производот.

\*е 1MPa = 1N/mm<sup>2</sup>.

## Примери: S235JR, S355J0, S275J2G3

Челици за производи под притисок (садови и опрема)											
Главни симболи					Додатни симболи за челик					Додатни симболи за производи од челик	
G	P	n	n	n	an .....					+an +an .....	*a

Главни симболи		Додатни симболи за челик			
Ознака	Јакосна карактеристика	Група 1 *б		Група 2 *в	
G = челичен лив (доколку е потребно)	ppp = назначена минимална граница на течење *г во	B = садови под притисок M = термомеханички валан N = нормализиран или нормализирано валан Q = термички подобрен со нагло ладење S = едноставни садови под притисок T = цевки G = следат останати карактеристики доколку е потребно со 1 или 2 карактери		H = Висока температура L = Ниска температура R = Собна температура X = Висока и ниска температура	
P = челици за производи под притисок	MPa *д за најмалиот интервал на дебелина				

\*а n = нумерички карактери, а = јазични карактери, an = нумерички и јазични.

\*б Симболите M, N и Q во Група 1 се однесуваат на челици со ситна кристална решетка.

\*в Симболите од Група 2, кои не се хемиски симболи, може да бидат проследени со 1 или 2 карактери со цел да се разликуваат помеѓу квалитетот во зависност од соодветниот стандард на производот.

\*г Изразот „граница на течење“ се однесува на горна и долна граница на течење (ReH) или (Rel) или конвенционална граница (Rp), или конвенционална граница на целосно истегнување (Rt), во зависност од потребата или соодветниот стандард на производот.

\*д 1MPa = 1N/mm<sup>2</sup>.

Примери: P265B, P265GH, P355NH

Конструктивни челици за посебна намена во машиноградбата						
Главни симболи				Додатни симболи за челик		Додатни симболи за производи од челик
G	E	n	n	n	ap .....	+ap +ap ..... *a

Главни симболи		Додатни симболи за челик	
Ознака	Јакосна карактеристика	Група 1	Група 2
G = челичен лив (доколку е потребно)	ppp = назначена минимална граница на течење *б во	G = следат останати карактеристики доколку е потребно со 1 или 2 карактери	C = одржливост при ладно извлекување
E = конструктивни челици за посебна намена во машиноградбата	MPa *в за најмалиот интервал на дебелина		

\*а п = нумерички карактери, а = јазични карактери, ап = нумерички и јазични.

\*б Изразот „граница на течење“ се однесува на горна и долна граница на течење (ReH) или (Rel) или конвенционална граница (Rp), или конвенционална граница на целосно истегнување (Rt), во зависност од потребата или со одветниот стандард на производот.

\*в 1MPa = 1N/mm<sup>2</sup>.

Примери: E295, E295GC, E335, E360

Споредбени ознаки на челици според различни нормативи

ЈУС	Германија		Европска норматива	Америка	Англија	Франција	Италија
	W.Nr.	DIN	EN	AISI	B.S.	AFNOR	UNI
C0146	1.0330	St 2; (St 12)	DC 01				
C0148	1.0338	St 4; St 14	DC 04				
C0361	1.0038	RSt 37-2	S235JRG2				
C0362	1.0116	St 37-3	S235J0				
C0363	(1.0116)	(St 37-3)	S235J2G3				
C0461	1.0042	RSt 42-2					
C0462	1.0136	St 42-3					
C0463	(1.0136)	(St 42-3)					
C0545	1.0050	St 50-2	E295				
C0561	1.0570	St 52-3	S355J2G3				
C0562	1.0570	St 52-3	S355J2G3				
C0563	1.0570	St 52-3	S355J2G3				
C0645	1.0060	St 60-2	E335				
C0745	1.0070	St 70-2	E360				
C1212	1.0309	St 35.4					
C1214	1.0305	St 35.8					
C1220	1.0401	C 15	C15	1015	040 A 15	CC 12	
C1330	1.0402	C 22	C22	C 1020	050 A 20	CC 20	C 20
C1530	1.0503	C 45	C45	10545	080 M 46	CC 45	C 45
C1540	1.1730	C45 W 3	C45U			Y3 45	
C1590	1.0727	45 S 20	46S20	1146	212 M 44	45 MF 4	
C1730	1.0601	C 60	C60	1060	080 A 60	CC 55	
C1740	1.1744	C67 W	C70W2	W1-0.8C spec		Y1 75	UC 70 KU
C1840	1.1525	C80 W 1	C80U	(W1-0.9C spec)		(Y1 90)	(UC 85 KU)
C1940	1.1545	C105 W 1	C105U	W1-1.0C spec			UC 98 KU
C1941	1.2833	100 V 1	100V2	W 210	BW 2	Y1 105 V	C 98 KU
C2132	1.0903	51 Si 7	50Si7	9255	250 A 53	51 S 7	50 Si 7
C3100	1.0581	St 52.4					
C3130	1.1157	40 Mn 4	40Mn4		150 M 36	35 M 5	
C3160	(1.3401)	(X 128 Mn 12)				Z 120 M 12	XG 120 Mn 12
C3840	1.2842	90 MnCrV 8	90MnCrV8	O 2	BO 2	90 MV 8	U 88 Mn V8 KU
C4120	1.7015	15 Cr 3	15Cr2	5015	523 M 15	12 C 3	
C4130	1.7033	34 Cr 4	34Cr4	5132	530 A 32	32 C 4	34 Cr 4
C4145	1.2067	100 Cr 6	102Cr6	L 3	BL 3	Y 100 C 6	
C4150	1.2080	X 210 Cr 12	X210Cr12	D 3	BD 3	Z 200 C12	X 210 Cr 13 KU
C4171	1.4024	X 15 Cr 13	X15Cr13	403	420 S 29	Z 12 C 13 M	

Ознака		Re [N/mm <sup>2</sup> ]	Rm [N/mm <sup>2</sup> ]
S235J0 (Č0362)	1.0114	235	370-450
S235J2G3 (Č0363)	1.0116	235	370-450
S275J0 (Č0462)	1.0143	275	420-500
S355J0 (Č0562)	1.0553	355	520-620
S355J2G3 (Č0563)	1.0570	355	520-620
E295 (Č0545)	1.0050	295	500-600
E335 (Č0645)	1.0060	335	600-720
E360 (Č0745)	1.0070	360	700-850

### 3.2 Означување со броеви

Стандардот EN10027-2 го опишува начинот на означување на бројот на челикот, кој може да го дополнува името на челикот опишан погоре. Бројот се состои од конечен број на карактери и е повеќе погоден од ознаките со карактери при процес на обработка на податоци. Ознаката е во форма на 1.XXXX, каде што 1.означува челик. Првите 2 карактери после „1“ ја означуваат групата на челици.

Примери на означувања на челици од оваа група се:

EN10222-2 Име на челикот 13CrMo4-5, Број на челикот 1.7335

EN10250-4 Име на челикот X2CrNi18-9, Број на челикот 1.4307

## 4. МЕХАНИКА

### 4.1. Основни закони на механиката

Силата се дефинира како причина за промената на положбата на едно тело, т.е. ако телото мирува - да се придвижи, а ако телото се движи - да го промени своето движење или да запре. Во двата случаја треба да постои некоја причина која ќе ја промени положбата на телото, а тоа е силата.

Секоја сила е одредена со четири елементи

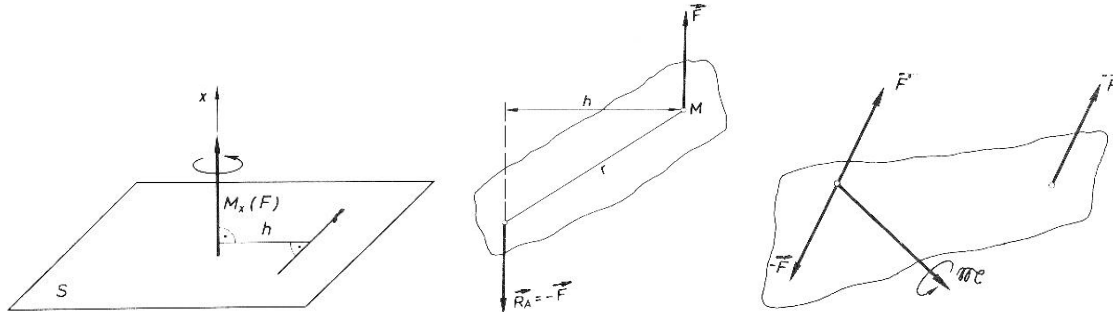
- големина, т.е. интензитет, бројна вредност или јачина на силата
- нападна точка во која дејствува силата
- правец на силата
- насока на дејство на силата

Момент на сила во однос на оска претставува дејство на сила на нормално растојание  $h$  во однос на оската. Доколку нападната линија на силата ја пресекува оската во однос на која се пресметува моментот или доколку силата и оската се паралелни, моментот е еднаков на нула.

$$M_x = \pm F \cdot h$$

Спрег на сили претставува систем од две паралелни, спротивно насочени сили со ист интензитет, кои дејствуваат на две различни точки на некое круто тело. Резултантниот момент на тие две сили го прават моментот на спрегот, каде што растојанието  $h$  претставува крак на спрегот. Големината на моментот на спрегот не зависи од изборот на положбата на точките во однос на кои се пресметува моментот на спрегот на сили.

Редукција на сила во одредена точка претставува поместување на векторот на силата во друга нападната точка, на одредено нормално растојание. Редукцијата на силата е на поместена сила со ист интензитет, правец и насока и спрег на сили со крак еднаков на нормалното растојание.



Момент на сила во однос на оска, спрег на сили и редукција на сила во точка

Работа претставува дејство извршено на сила  $F$  која ја поместува точката на дејствување на растојание  $d$ , во насока на нејзиното дејствување.

$$W = F \cdot d$$

Под поимот моќност односно силина се подразбира извршената работа во единица време.

$$P = \frac{dW}{dt}$$

### I Њутнов закон:

Секое тело останува во состојба на мирување, или во состојба на праволиниско рамномерно движење, се додека на телото не дејствува некоја сила и не ја промени таа состојба.

Ако не дејствува никаква сила, телото ќе остане во мирување или, ако се движи, ќе се движи непрекинато со иста брзина. својството на телото да си ја задржи својата првобитна положба Њутн го нарекол инертност, а самата појава инерција. Инерција се јавува само при промена на состојбата на движењето на телото.

### II Њутнов закон (закон за промена на движењето):



Промената на движењето е право пропорционална на дејствувачката сила и настанува во правецот на насоката на таа сила.

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

### III Њутнов закон (закон за акција и реакција)

На секоја акција одговара еднаква реакција, со ист правец но со спротивна насока. Со третиот Њутнов закон се доаѓа до поимот тежина на телата. Силата на привлекување помеѓу земјата и сите тела околу неа се вика сила на земјината тежа.

$$\vec{G} = m\vec{g}$$

## 4.2. Видови мерни системи - Меѓународен мерен систем (SI систем)

Основни големини и употребуваните мери во машинството во овој мерен систем се:

должина - метар (m)

1  $\mu\text{m}$  (микрометар) =  $10^{-6}$  m =  $10^{-3}$  mm (во табелите за должински толеранции)

1 mm (милиметар) =  $10^{-3}$  m

маса – килограм (kg)

1 g (грам) =  $10^{-3}$  kg

1 t (тон) =  $10^3$  kg

време – секунда (s)

1 ms (милисекунда) =  $1/1000$  s

1 min (минута) = 60 s

1 h (час) = 3600 s

Изведени големини во овој мерен систем се:

сила - њутни =>  $1[N] = 1[kg \frac{m}{s^2}]$

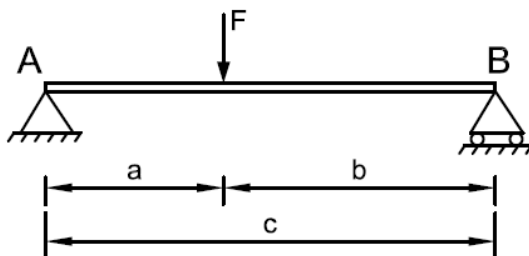
Сила од  $F=1[N]$  е сила која на тело со маса  $m=1[kg]$  му дава забрзување од  $a=1[m/s^2]$ .

## 4.3. Рамнински статички определени линиски носачи

### 4.3.1. Проста греда

**Задача :**

За носачот прикажан на сликата да се определат: реакциите во потпорите, статичките големини во карактеристичните пресеци и да се нацртаат дијаграмите на статичките големини.



**Решение :**

$$\begin{aligned}\sum M_A &= 0 \\ F_B \cdot c - F \cdot a &= 0 \\ F_B &= \frac{F \cdot a}{c}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum M_B &= 0 \\ F \cdot b - F_{Ay} \cdot c &= 0 \\ F_{Ay} &= \frac{F \cdot b}{c}\end{aligned}$$

Овој услов се користи за контрола на добиените вредности. При дефинирање на условот, предмет на набљудувањето ќе бидат само вертикалните сили:

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0 \\ F_{Ay} + F_B - F &= 0\end{aligned}$$

Овој услов се користи за да се определи непознатата хоризонтална реакција  $F_{Ax}$ . Правецот на векторот е хоризонтален, насоката се претпоставува, а интензитетот се определува од равенката:

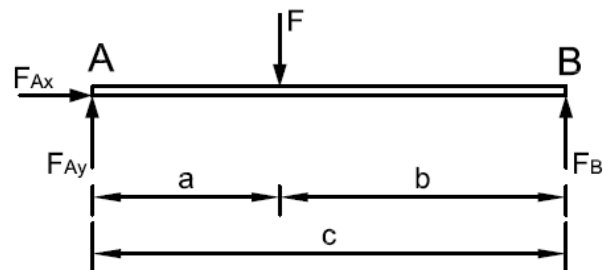
$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0 \\ F_{Ax} &= 0\end{aligned}$$

• **Пресметка на трансверзалните сили**

$$\begin{aligned}Ftr_A &= F_{Ay} \\ Ftr_1^I &= F_{Ay} \\ Ftr_1^d &= F_{Ay} - F \\ Ftr_B^I &= F_{Ay} - F \\ Ftr_B^d &= F_{Ay} - F + F_B = 0\end{aligned}$$

• **Пресметка на нападните моменти**

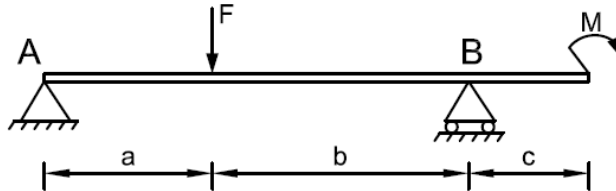
$$\begin{aligned}M_A &= 0 \\ M_1 &= F_{Ay} \cdot a \\ M_B &= 0\end{aligned}$$



### 4.3.2. Проста греда со препуст

#### Задача:

За носачот прикажан на сликата да се определат: реакциите во потпорите, статичките големини во карактеристичните пресеци и да се нацртаат дијаграмите на статичките големини.



#### Решение:

- Пресметка на реакциите во потпорите

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{Ax} = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

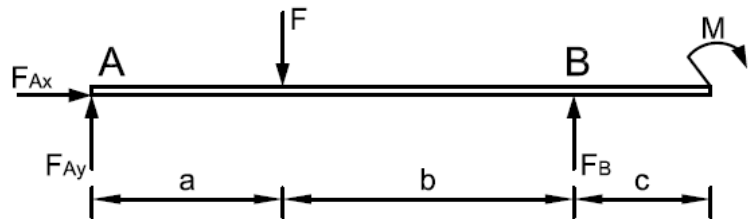
$$-M + F_B \cdot (a + b) - F \cdot a = 0$$

$$F_B = \frac{M + F \cdot a}{a + b}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$F_{Ay} \cdot (a + b) - F \cdot b + M = 0$$

$$F_{Ay} = \frac{F \cdot b - M}{a + b}$$



- Пресметка на трансверзалните сили

$$F_{tr_A} = F_{Ay}$$

$$F_{tr_1^l} = F_{Ay}$$

$$F_{tr_1^d} = F_{Ay} - F$$

$$F_{tr_B^l} = F_{Ay} - F$$

$$F_{tr_B^d} = F_{Ay} - F + F_B = 0$$

$$F_2 = 0$$

- Пресметка на нападните моменти

$$M_A = 0$$

$$M_1 = F_{Ay} \cdot a$$

$$M_B = F_{Ay} \cdot (a+b) - F \cdot b$$

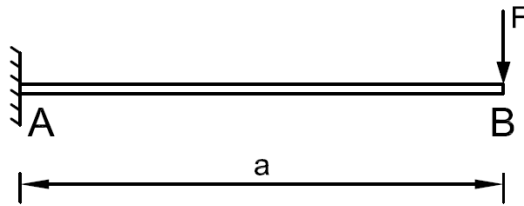
$$M_2^l = F_{Ay} \cdot (a+b+c) - F \cdot (b+c) + F_B \cdot c = -M$$

$$M_2^d = 0$$

### 4.3.3. Конзоли

#### Задача:

За носачот прикажан на сликата да се определат: реакциите во потпорите, статичките големини во карактеристичните пресеци и да се нацртаат дијаграмите на статичките големини.



#### Решение:

- Пресметка на реакциите во потпорите

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{Ax} = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

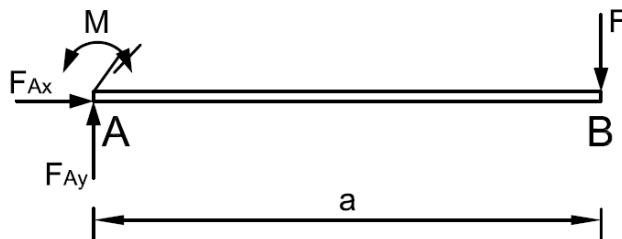
$$F \cdot a + m_A = 0$$

$$m_A = -F \cdot a$$

$$\sum M_B = 0$$

$$F_{Ay} \cdot a - m_A = 0$$

$$F_{Ay} = \frac{m_A}{a}$$



- Пресметка на трансверзалните сили

$$Ftr_A = F_{Ay}$$

$$Ftr_B^l = F_{Ay}$$

$$Ftr_B^d = F_{Ay} - F = 0$$

- Пресметка на нападните моменти

$$M_A = -m_A$$

$$M_B = -m_A + F_{Ay} \cdot a = 0$$

## 5. Јакост

Изучувањето на јакоста на материјалите претставува разбирање на основите на напрегање, напон и деформација кои се јавуваат како резултат на состојба на дејство на сила на некое тело. Состојбата на машинскиот дел која настанува под дејство на надворешните сили-оптоварувањето, што се карактеризира со појава на деформации и соодветен внатрешен отпор (напон) се нарекува **напрегање**. Според тоа напрегањето е надворешно оптоварување на машинскиот дел изразено преку сила, а сведено на единица површина. **Напонот** претставува величина што го карактеризира интензитетот на внатрешните сили во некоја точка на замислениот пресек на машинскиот дел, со кој материјалот се спротивставува на деформирањето. Според тоа машинските делови се изложени на определени напрегања, а трпат соодветен напон.

$$\text{напон.при.напрегање - истегнување} = \frac{\text{сила}}{\text{површина}} = \frac{F}{A} \Rightarrow \frac{[N]}{[mm^2]}$$

$$\text{напон.при.напрегање - свиткување} = \frac{\text{момент.на.сила}}{\text{аксијален.отпорен.момент}} = \frac{Ms}{Z} \Rightarrow \frac{[Nmm]}{[mm^3]}$$

$$\text{напон.при.напрегање - усукување} = \frac{\text{вртежен.момент}}{\text{поларен.момент}} = \frac{T}{Z_0} \Rightarrow \frac{[Nmm]}{[mm^3]}$$

Основен вид на напон кој може да се појави е **нормален напон ( $\sigma$ )**. Тоа е напон што дејствува нормално на површинскиот пресек на телото кое е изложено на дејство на сила. Пример на нормални напони можат да бидат напон при збивање или истегнување. При дејство на сила нормално на напречниот пресек на некоја прачка, под напон на збивање се подразбира оној напон кој има насока да ја намали должината на прачката додека под напон на истегнување оној напон кој има насока да ја зголеми односно да ја раздели прачката. **Тангенцијален напон ( $\tau$ )** претставува напон паралелен со површината на напречниот пресек за разлика од нормалниот.

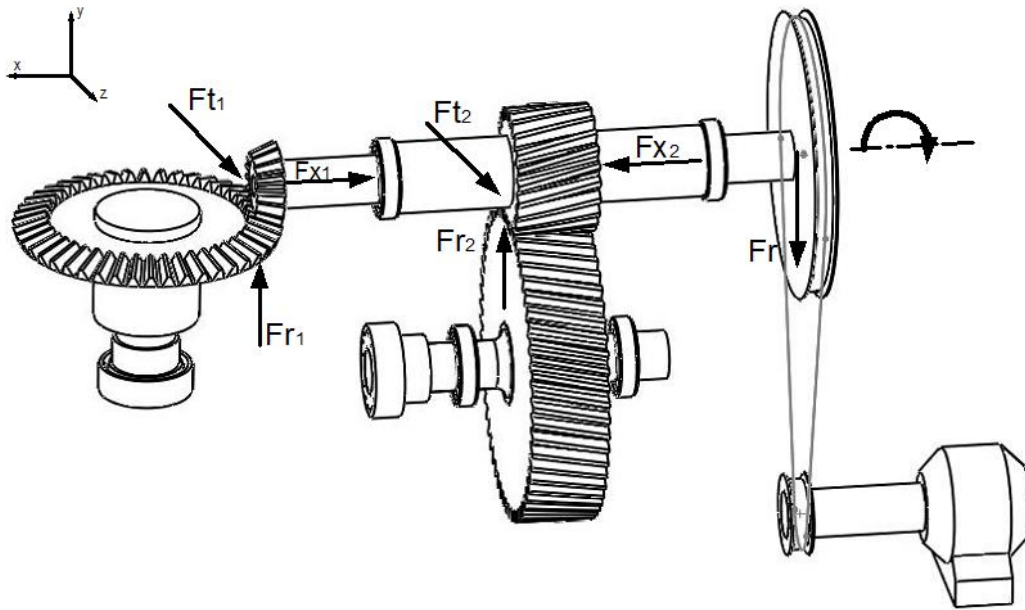
Во зависно од тоа како е оптоварено разгледуваното тело разгледуваме пет основни вида на напрегање: аксијално (збивање или истегнување), смолкнување, свиткување, торзија и извивање.

Под **деформација ( $\epsilon$ )** се подразбира релативна промена на должината на некое тело во однос на првобитната под дејство на надворешни сили.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Карактеристиката на **момент на инерција** на површина претставува каква карактеристика на крутоста на едно тело односно отпорот на деформација на тоа

тело изложено на напрегање од свиткување. Деформацијата на телото е обратно пропорционална од моментот на инерција.



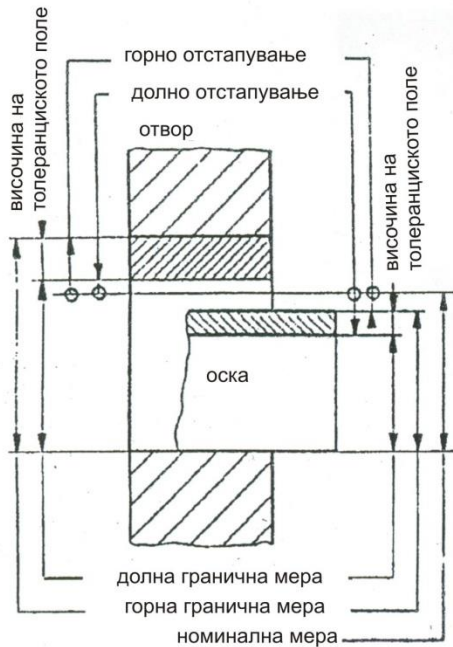
Просторен приказ на дејство на сили на вратило со запченици

$I = \frac{bH^3}{12}$ $A = \frac{bH}{2}$ $W = \frac{bH^2}{6}$	$I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$ $A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$ $W = \frac{\pi(D^3 - d^3)}{32}$	$I = \frac{\pi d^4}{64}$ $A = \frac{\pi d^2}{4}$ $W = \frac{\pi d^3}{32}$	$I = \frac{bH^3}{12}$ $A = bH$ $W = \frac{bH^2}{6}$
$I = \frac{bH^3}{12} - \frac{b_1H_1^3}{12}$ $A = 2bH + b_1H_1$ $W = \frac{bH^2}{6} - \frac{b_1H_1^2}{6}$	$I = \frac{bH^3}{12}$ $A = bH$ $W = \frac{bH^2}{6}$	$I = \frac{bH^3}{12} - \frac{b_1H_1^3}{12}$ $A = bH + b_1H_1$ $W = \frac{bH^2}{6} - \frac{b_1H_1^2}{6}$	$I = \frac{bH^3}{12} - \frac{b_1H_1^3}{12}$ $A = 2bH + b_1H_1$ $W = \frac{bH^2}{6} - \frac{b_1H_1^2}{6}$
$I = \frac{H}{12} (b_1^2 + 4b_1b + 3b^2)$ $A = H(b_1 + b)$ $W = \frac{H}{6} (b_1 + 2b)$	$I = \frac{b^3H}{12}$ $A = bH$ $W = \frac{b^2H}{2}$	$I = \frac{b^3H}{12} + b_1t_1^3$ $A = bH + b_1t_1$ $W = \frac{b^2H}{2} + \frac{b_1t_1^2}{2}$	$I = \frac{b^3H}{12} - \frac{b_1^3H_1}{12}$ $A = 2bH + b_1H_1$ $W = \frac{b^2H}{6} - \frac{b_1^2H_1}{6}$

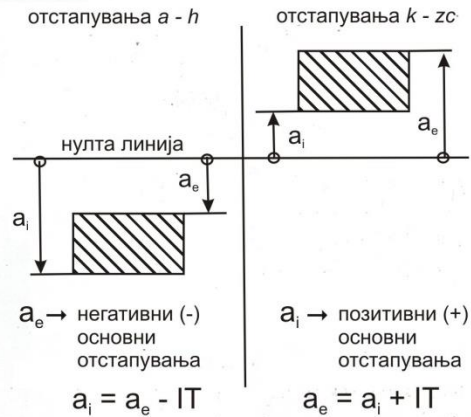
Моменти на инерција на различни напречни пресеци

## 6. Толеранции

### ИЗБОР НА ТОЛЕРАНЦИИТЕ И НА НАЛЕГНУВАЊАТА



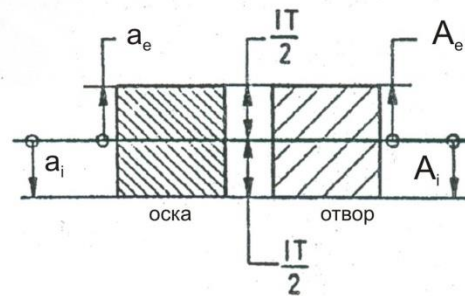
Сл. 1: Графичко прикажување



Сл. 2: Отстапувања за оската

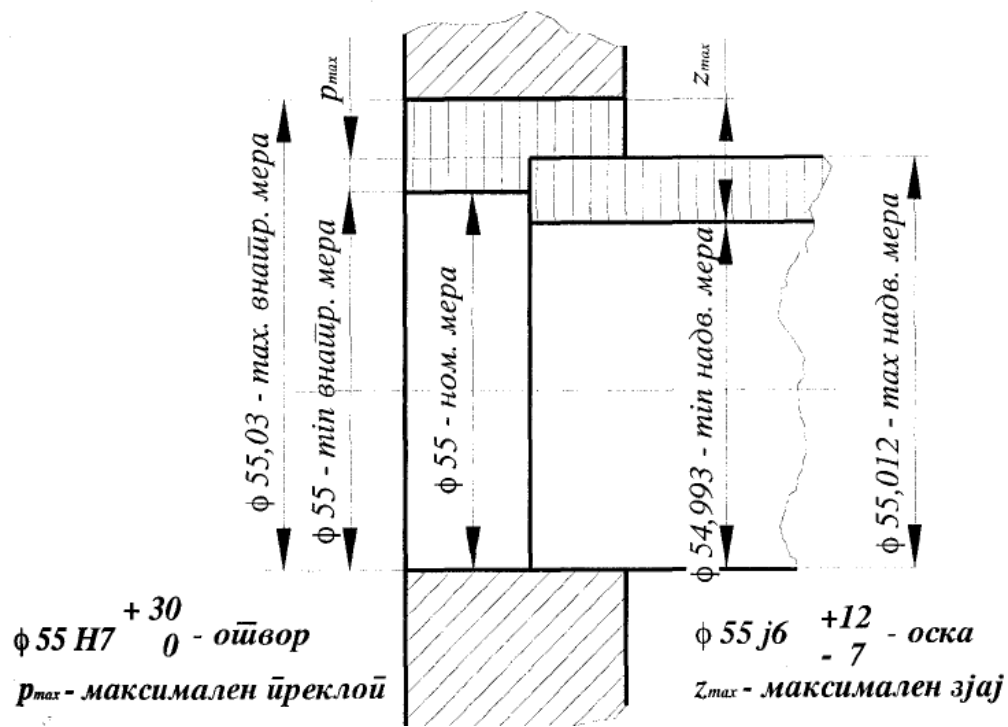


Сл. 3: Отстапувања за отворот

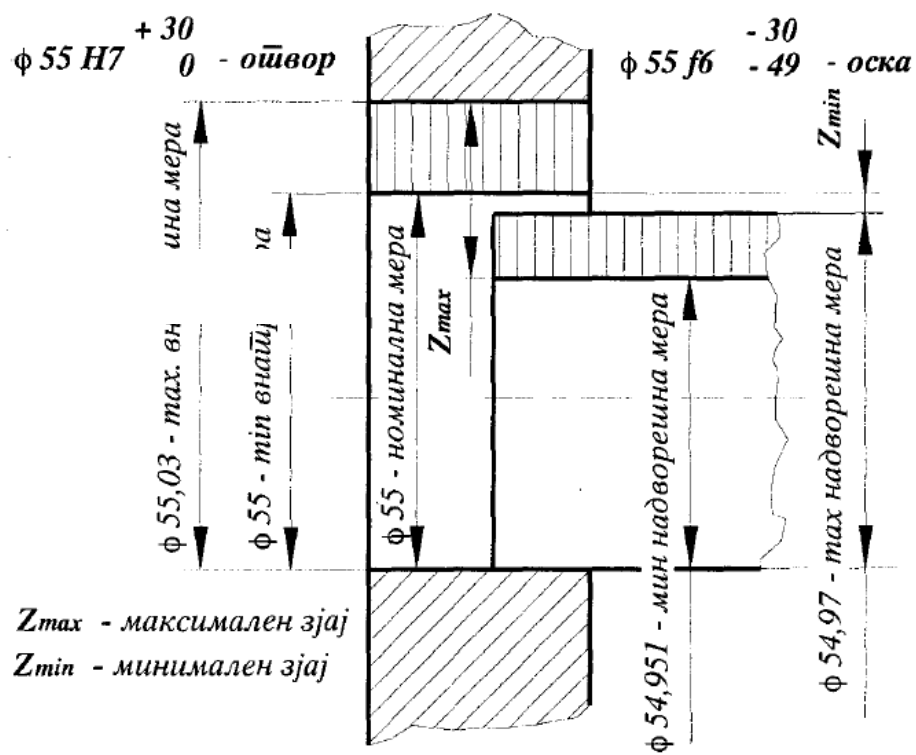


Сл. 4: Отстапувања js и JS

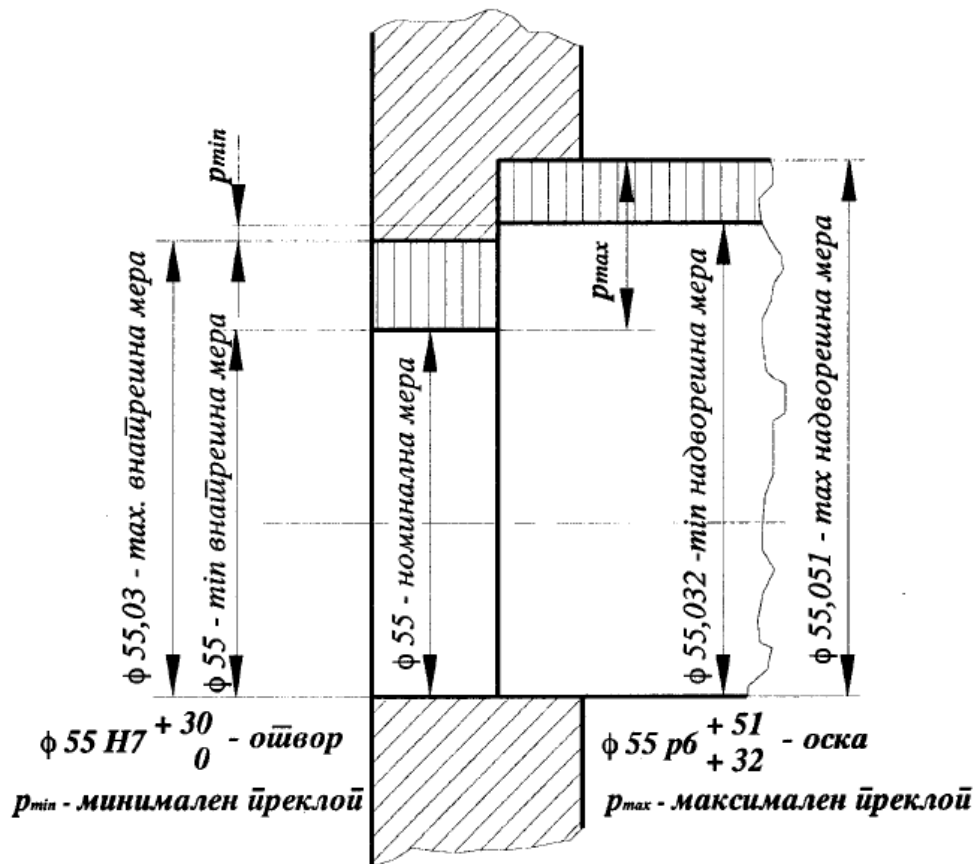




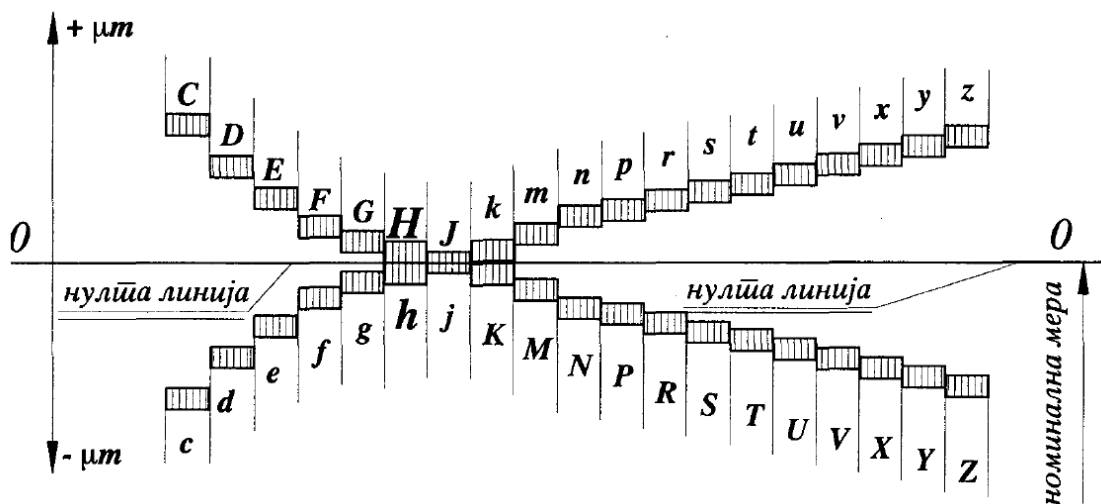
Графички приказ на неизвесно налегнување Ø55 H7/j6



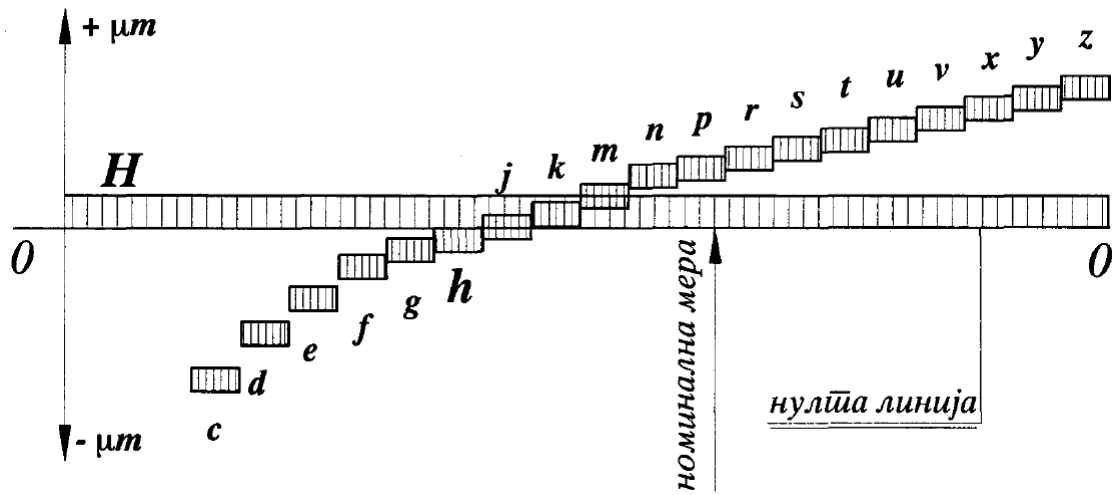
Графички приказ на лабаво налегнување Ø55 H7/f6



Графички приказ на цврсто налегнување Ø55 H7/p6



Поставеност на дел од ISO-системот на толеранциски полиња во однос на нултата линија



Шематски приказ на положбата на толеранциските полиња во системот на заеднички отвор