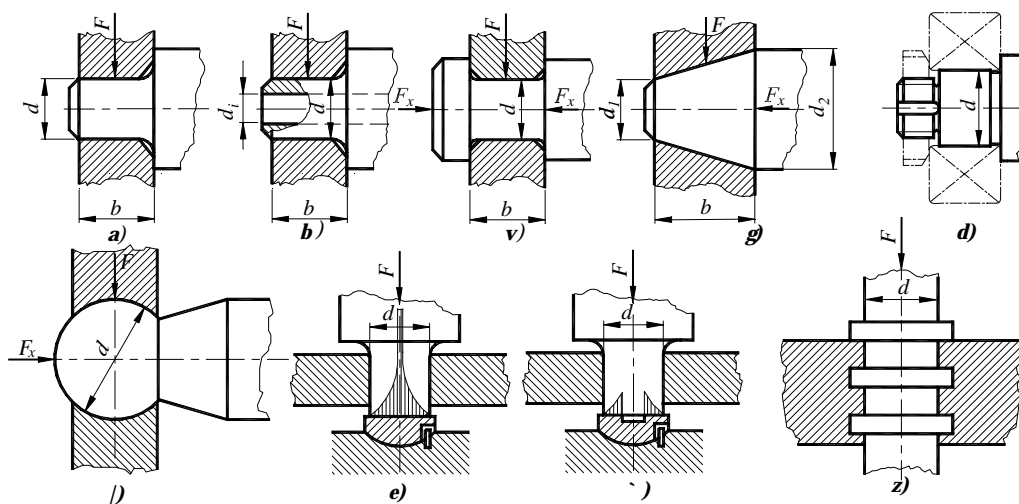


## 7.1 Rakavci

Delovi te so koi oski te i vrat ilat a se pot piraat vrz le`i{t at a se narekuvaat rakavci. Spored oblikot tie naj~esto se cilindri~ni, a mo`at da bidat i koni~ni, top~esti, grebenasti i dr. Spored na~inot na koj se optovareni rakavcite se delat na radijalni (popre~ni) (sl.7.3a, b, v i d), radi aksijalni (sl.7.3g i |) i aksijalni (nadol`ni) (sl.7.3e, `i z). Koga rakavecot se nao|a na krajot od oskata odnosno vratiloto stanuva zbor za *nadvore{ en*, a koga toa ne e slu~aj za *vnat re{ en* rakavec. Ako rakavecot treba da se potpi ra na trkala~ko le`i{te stanuva zbor za *rakavec namenet za t rkala~ko* (sl.7.3d), a koga e namenet za lizga~ko, stanuva zbor za *rakavec namenet za lizga~ko le`i{te* (sit e drugi vo sl.7.3). Kone~no rakavcite mo`at da bidat {uplivi (sl.7.3b) i polni (sit e drugi vo sl.7.3).

Cilindri~nite rakavci se najprosti za izrabortka i ne mo`e da pri maat aksijalni optovaruvawa. Za da se osposobat za pri em na mali aksijalni sili, cilindri~nite rakavci nameneti za trkala~ki le`i{ta se izveduvaat so eden (sl.7.3d), a onie nameneti za lizga~kite le`i{ta, so dva naslona (sl.7.3v). Pritoa, postelkata i ku}i{teto na lizga~koto le`i{te se dvodelni. Za pri em i na pogol emi aksijalni sili  $F_x$ , rakavcite se izveduvaat kako radi aksijalni - koni~ni ( sl.7.3g) i top~esti (sl.7.3 |), a za ~isto aksijalno optovaruvawe se koristi rakavecot od sl.7.3e i sl.7.3` i



grebenasti ot (sl.7.3z).

## Sl.7.3 Karakteristični oblici na rakavci

**7.1.1 Presmetka na rakavci te**

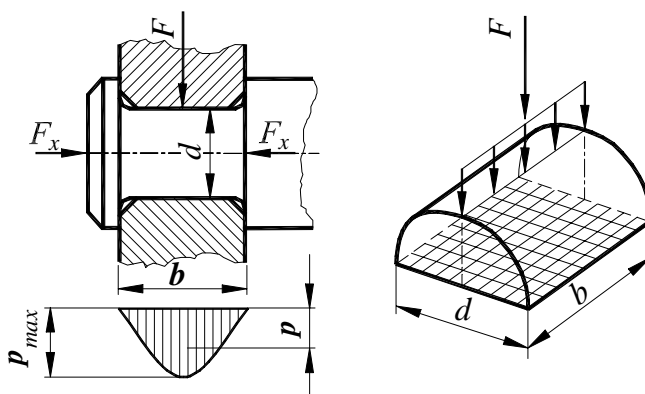
Nadvorežni te rakavci morajo biti optovareni s poprežno (transverzalno) silo  $F$ , s nadolžno (aksijalno) silo  $F_x$ , ili pak so dve istočasno, a vnatrežni te rakavci pa so vrtenje moment  $T$  in moment na svit  $M$ .

Ova presmetka se odnosi na rakavci te nameneni za ližnaki ležišta.

**7.1.1.1 Presmetka na nadvorežni poprežni rakavci**

Spred sl.7.4 srednja vrednost na površinski otpritisok pomeju rakavecoti ležišta se presmetuje po slednji ravenki

$$p = \frac{F}{bd} \leq p_d \quad 7.01$$



Sl.7.4 Površinski otpritisok med nadvorežnim cilindričnim rakavcem

Maksimalna vrednost na površinski otpritisok pomeju rakavecoti ležišta je  $p_{max}$  in značilno pogoljema od njegove srednje vrednosti  $p$  zaradi neravnomočnega optovarjanja po dolžini poprežno na rakavecot. Ova neravnomočnost ne more biti analitično opfajtena, pa zato kako osnova za presmetovanje na rakavci te služi srednja vrednost na površinski otpritisok  $p$  pomeju rakavecoti ležišta.

Ako vrednost na povr{inski otpriti sok se izedna~i so negovata dovoljena vrednost se dobi v ravenka so dve nepoznati  $b$  i  $d$ , pa zatoa se voveduva odnosot

$k = \frac{b}{d}$  - konstrukti vna karakteristi ka na rakavecot, ~ija vrednost voobi-

~aeno i znesuva  $k = 0,5$  do  $1,2$ , a vo specifi ~ni slu-ai gi ima slednite vrednosti :

$k = 0,5$  do  $0,75$  - za visoko optovareni rakavci i

$k = 0,7$  do  $1,1$  - za sredno optovareni popre~ni rakavci.

Ako dol`inata na rakavecot  $b$  se izrazi preku konstrukti vnata karakteristi ka  $b = k d$  i se zameni vo izrazot za povr{inski otpriti sok, se dobi va

$$p = \frac{F}{k d^2} \leq p_d \quad 7.02$$

pri {to

$p_d = K_v p_{do}$  e dovoljena vrednost na povr{inski otpriti sok pome|u rakavecot i postelkata na le`i{teto,

$K_v$  e koeficient {toja zema predvid vrednosta na perifernata brzina na rakavecot  $v$ , koja najnapred se pretpostavuva, a po izvr{enata presmetka na pre~ni kot od rakavecot se proveruva i

$p_{do}$  e dovoljena vrednost na povr{inski otpriti sok za periferna brzina na rakavecot do  $5,0$  [m/s].

Vo *tab.7.1* se dadeni vrednostite na koeficientot za zgolemena periferna brzina  $K_v$ , a vo *tab.7.2* dovoljenite vrednostite na povr{inski otpriti sok  $p_{do}$  za periferna brzina do  $5,0$  [m/s].

*Tab.7.1 Koeficient za zgolemena periferna brzina  $K_v$*

<b>Brzina</b> $v$ [m/s]	$K_v$	<b>Brzina</b> $v$ [m/s]	$K_v$
<b>do 5,0</b>	<b>1,0</b>	<b>25</b>	<b>0,40</b>
<b>10</b>	<b>0,75</b>	<b>30</b>	<b>0,35</b>

<b>15</b>	0,65	<b>35</b>	0,30
<b>20</b>	0,50	<b>40</b>	0,25

Tab.7.2 Dozvoleni vrednosti na povr{inski ot prit isok  $p_{do}$ 

$p_{do}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Mat erijal rakavec / post elka
<b>3,0</b>	~elik/leano `elezo
<b>5,0</b>	~elik/ma{ . bronza ili mesi ng
<b>6,0</b>	nekal en ~elik/kal ena bronza ili bel met al
<b>8,0</b>	kal en ~elik/kal ena bronza
<b>9,0</b>	kal en ~elik/bel met al
<b>12</b>	kal en ~elik/ol ovna bronza
<b>15</b>	kal en ~elik/kal en ~elik

So usvoena vrednost za konstrukti vnata karakteri sti ka na rakavecot  $\kappa$  i so presmetka na dozvolenata vrednost na povr{inski ot prit isok  $p_d$ , za mi ni mal no potrebnata vrednost na pre~nikot na rakavecot se dobi va sl edni ov i zraz

$$d \geq \sqrt{\frac{F}{k p_d}} \quad 7.03$$

Poradi nei zbe` noto abewe, vaka dobi enata vrednost na pre~nikot od rakavecot treba da se nagol emi za okol u 10% i kako takva da se pri l agodi na standardni te vrednosti spored *tab.1.1*. Vrednosta na akti vnata dol `i na na rakavecot }e bi de

$$b = k d \quad 7.04$$

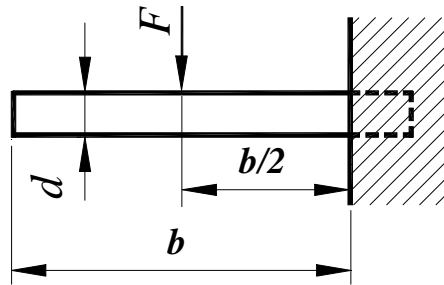
kade { to

$d$  – standardna vrednost na pre~ni kot na rakavecot.

Vaka dobi enata vrednost na akti vnata dol `i na na rakavecot, ako ne standardna, treba da bi de barem cel broj.

### 7.1.1.2 Kont rola na naponi t e vo rakavecot

Kako { to e prikano na sl.7.5 rakavecot mo`e da se pretstavi kako konzola vkle{ tena vo drugi ot del na vratiloto i optovarena so popre~na sila  $F$  na sredi nata od dol`i nata  $b$ .



Sl.7.5 Konzola kako statiki model na rakavecot

### 7.1.1.2.1 Proverka na rakavecot na svi tkuvawe

Od sl.7.5 se gl eda deka rakavecot e optovaren so moment na svi tkuvawe

$$M_s = F \frac{b}{2} \quad 7.05$$

poradi { to spojni ot del so drugi ot del od oskata odnosno vratiloto e napregnat od svi tkuvawe

$$\sigma_s = \frac{M_s}{W} = \frac{F \frac{b}{2}}{\frac{\pi d^3}{32}} = \frac{16 F b}{\pi d^3} \leq \sigma_{sd} \quad 7.06$$

kade { to

$\sigma_{sd}$  e dozvol en napon na svi tkuvawe za materijal ot na oskata odnosno vratiloto.

### 7.1.1.2.2 Proverka na rakavecot na zat opluvawe

Kaj brzoodnite rakavci (*rakavci so visoka za~est enost na vrt e`ite*), del od silinata { to se tro{ i za sovladuvawe na otporot od triewe i pri toa se pretvora vo toplina pretstavuva proizvod od momentot na triewe i agolnata brzina na rakavecot, t.e.

$$P_{\mu} = T_{\mu} \omega = \mu F \frac{d \omega}{2} = \mu F \frac{d 2 \pi n}{2} = \mu F v \quad 7.07$$

Ako vaka dobienata silina na triewe se podeli so povr{inata na obvi vkata od rakavecot se dobiva takanare-enata *specifi~na silina na t ri ewe* { to e def i ni rana so i zrazot

$$P_{\mu 1} = \frac{P_{\mu}}{A} = \frac{\mu F v}{d \pi b} = \frac{\mu}{\pi} p v \quad 7.08$$

bi dejki e

$\frac{F}{db} = p$  - srednata vrednost na povr{inski ot pri ti sok na rakavecot, a

$v = d \pi n$  [m/s]- peri f ernata brzina na rakavecot.

Proizvodot  $p v$  se narekuva *karakt erist ika na zat opluvawe* na rakavecot i nejzi ni te maksimalni dovoleni vrednosti za razli~ni vidovi ma{ i ni i uslovi na rabota se dobi vaat so i spituvawa, taka { to za po~esti slu~ai na pri mena ti e se navedeni vo *tab.7.3*

*Tab.7.3 Dovoleni vrednosti na karakt erist ika na zat opluvawe*

<b>Uslovi na rabota</b>	<b>(p v)<sub>d</sub> [Nm/mm<sup>2</sup>s]</b>
<i>obi~ni rakavci, t ri ewe vo uslovi na hi drodi nami~ko pl i vawe, okol ni ot vozduh mi ruva</i>	0,8 do 2,0
<i>rakavci na vagonski oski</i>	3,5 do 5,0
<i>rakavci na kol enast i vrat i la kaj lokomot i vi t e</i>	7,0 do 10
<i>ve{ t a-ki ladeni rakavci</i>	10 do 15
<i>rakavci podma~kuvani pod pri t i sok</i>	15

Ako proverkata na zatopl uvawe ne zadovol uva, t.e. ako

$$p v > (p v)_d$$

potrebno e da se zgolemi povr{inata na obvi vkata na rakavecot, t.e. pre~ni kot na rakavecot, a pri toa da se zadr` i vrednosta na konstrukti vnata karakteristika  $\kappa$  ili, pak, da se pri meni podma~kuvawe pod pri ti sok koga dovol enata vrednost na karakterist ika na zatopl uvawe mo` e da bi de i do 100 pa i pove}e.

Ako bi de potrebno da se zgolemi povr{inata na obvi vkata na rakavecot, pre~ni kot na rakavecot se presmetuva spored uslovot vrednosta na

karakteristika na zatoplavane da ne bide pogolema od nejzinate dovoljena vrednost t.e.

$$p_v \leq (p_v)_d \quad 7.09$$

ili

$$\frac{F}{db} d \pi n = \frac{F}{kd} \pi n \leq (p_v)_d$$

od kade { to se dobi va

$$d \geq \frac{F \pi n}{k (p_v)_d} \quad 7.10$$

pri { to perifernata brzina na rakavecot treba da se zameni vo [mm/s]. Bidej{i e normalno taa da se presmetuva vo m/s, toga{ za potrebnata mi ni mal na vrednost na pre~ni kot od rakavecot mo`e da se napi { e

$$d \geq \frac{\pi}{1000} \frac{F n}{k (p_v)_d} \quad 7.11$$

[ uplivate rakavci vo odnos na povr{inski pritisok i zatoplavane se presmetuvaat na ist na~in kako i polnite rakavci, a poradi namalenata vrednost na otporni ot moment na popre~ni ot presek na rakavecot

$$W = \frac{\pi (d_a^4 - d_i^4)}{32 d_a} = \frac{\pi (d_a^4 - \psi^4 d_a^4)}{32 d_a} = \frac{\pi d_a^3}{32} (1 - \psi^4) = \frac{\pi d_a^3}{32} \xi \quad 7.12$$

proverkata na naponot od svitkuvawe na { uplivi ot rakavec se vr{ i sporedi zrazot

$$\sigma_s = \frac{16 F b}{\pi \xi d_a^3} \leq \sigma_{sd} \quad 7.13$$

kade { to

$\psi = \frac{d_i}{d_a}$  e odnos pome|u vnatre{ni ot i nadvore{ni ot pre~nik na rakavecot,

$\xi = 1 - \psi^4$  e koeficient na namaluvawe na vrednosta na otporni ot moment kaj { uplivi ot vo odnos na polni ot rakavec.

Vrednosta na odnosot pome|u vnatre{ni ot i nadvore{ni ot pre~nik na rakavecot se dvi`i od  $\psi = 0,3$  do  $\psi = 0,8$ .

### 7.1.1.3 Presmetka na vnatre{ni popre~ni rakavci

Vnatre{nite popre~ni rakavci kaj oskite se optovareni so moment na svi tkuvawe ~ija vrednost proizleguva od statikata presmetka na oskata, pa zatoa mi minimalno potrebna vrednost na ni vni ot pre~nik se presmetuva spored naponot na svi tkuvawe t.e.

$$\sigma_s = \frac{M_s}{W} = \frac{32 M_s}{\pi d^3} \leq \sigma_{sd} \quad 7.14$$

od kade { to se dobi va

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 M_s}{\pi \sigma_{sd}}} \approx \sqrt[3]{\frac{10 M_s}{\sigma_{sd}}} \quad 7.15$$

Vaka dobi enata vrednost na pre~ni kot na vnatre{ni ot rakavec na oskata se standardizira na prvata pogol ema vrednost spored tab.1.1, a dol`inata na rakavecot se presmetuva spored usvoenata vrednost na konstrukti vnata karakteristi ka na rakavecot  $\kappa$ .

Proverkata na naponite od povr{inski pritiosok  $p$  i zatopl uvawe  $p_v$  kaj vnatre{nite rakavci se vr{ikako i kaj nadvore{nite.

Vnatre{nite popre~ni rakavci kaj vratilat a, osven na svi tkuvawe izlo`eni se i na napregnuvawe od torzija (usukuvawe), pa poradi toa ni vni ot pre~nik se presmetuva spored vrednosta na takanare~eni ot fiktiven (virtuel en) moment na svi tkuvawe, ~ija vrednost se presmetuva spored ravenkata

$$M_v = \sqrt{M_s^2 + \left(\frac{[\sigma_D]}{2[\tau_D]} T\right)^2} \quad 7.16$$

a potrebna mi minimalna vrednost na pre~i kot se presmetuva spored i zrazot

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 M_v}{\pi \sigma_{sd}}} \approx \sqrt[3]{\frac{10 M_v}{\sigma_{sd}}} \quad 7.17$$

Dol`inata  $b$ , kako i kontrolata na povr{inski pritiosok  $p$  i kontrolata na zatopl uvawe  $p_v$  kaj vnatre{nite rakavci se presmetuvaat isto kako i kaj nadvore{nite.

Konični ot rakavec (sl.7.3g) se presmetuva kako i cilindrični ot so toa { to za presmetka se zema vrednosta na sredni ot prenik

$$d_m = \frac{d_a + d_i}{2} \quad 7.18$$

### 7.1.1.4 Presmetka na nadol`ni - aksijalni rakavci

Za pomali isto aksijalni sili se izveduvaat polni cilindrični nadol`ni (aksijalni) rakavci (sl.7.3e), a za pogolemi sili prst enest i aksijalni (sl.7.3`) ili grebenest i (sl.7.3z) rakavci.

Vrednosta na povr{inski ot pritisok pome|u eloto na rakavecot i nevrtilivata podloga ne e ramnomerno raspredelena. Taa raste od periferijata kon centarot kade { to teoretski e beskonena. Za da se odbegne vakvata beskonena vrednost na povr{inski ot pritisok se izveduvaat prstenesti rakavci kaj koi vo presmetuvaweto se zema srednata vrednost na povr{inski ot pritisok

$$p = \frac{F}{A} = \frac{4F}{\pi(d_a^2 - d_i^2)} \leq p_d \quad 7.19$$

od kade { to

$$d \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi(1-\psi^2)p_d}} \quad 7.20$$

pri { to

$\psi = \frac{d_i}{d_a} = 0,2 \text{ do } 0,6$  e odnos na prenikot na otvorot i prenikot na rakavecot.

Kaj grebenestite rakavci (sl.7.3z), vrednosta na nadvorenit ot prenik se zema  $d_a = (1,2 \text{ do } 1,3) d$  kade { to  $d$  e prenik na vratiloto na mestoto na rakavecot presmetan spored optovaruvaweto na vratiloto. Brojot grebeni se opredel uva od uslovot vrednosta na povr{inski ot pritisok  $p$  da ne bi de pogol ema od negovata dozvol ena vrednost  $p_d$  t.e.

$$p = \frac{F_a}{z\pi d_m b} \leq p_d \quad 7.21$$

od kade { to sl eduva

$$z \geq \frac{F_a}{\pi d_m b p_d} \quad 7.22$$

kade { to

$$b = \frac{d_a - d_i}{2} = \frac{d_a + d_i - d_i - d_i}{2} = \frac{d_a + d_i}{2} - \frac{2d_i}{2} = d_m - d_i$$

ili

$$b = \frac{d_a - d_i}{2} = \frac{d_a + d_a - d_a - d_i}{2} = \frac{2d_a}{2} - \frac{d_a + d_i}{2} = d_a - d_m$$

pretstavuva { i ro~i na na grebeni te, a  $d_m$  – sredna vrednost na pre~ni ci te na grebenot.

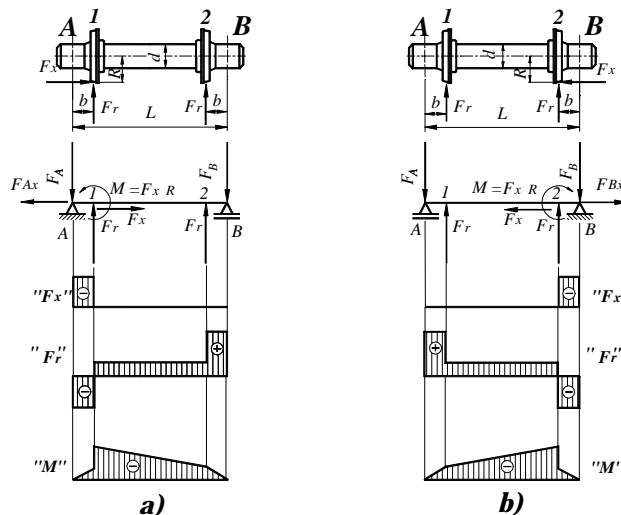
Kontrol ata na zatopl uvawe se vr{ i spored proi zvodot  $p v_m$ , kade { to

$$p = \frac{F_a}{z \pi d_m b} \quad \text{i} \quad v_m = d_m \pi n \quad 7.23$$

a dovol enata vrednost na karakteri sti kata na zatopl uvawe ( $p v_m$ )<sub>d</sub> treba da bide najmnogu polovina od vrednosta vo *tab.7.3*, a dokol ku rabotata na rakavecot e so po~esti i podol gi preki ni mo` e da se zemat i pogolemi dovol eni vrednosti za karakteri sti kata na zatopl uvawe, bi dej}i za vreme na preki not na rabotata rakavecot se ladi.

## 7.2 Oski

Konstruktivni ot oblik, osobeno dol`inski te dimenzii na oskata vo golema mera zavisat od funkcijata i namenata. Sprotivno na toa, popre~ni te dimenzii (*pre~ni ci te vo pooddel ni te preseci*) na oskata zavisat od vi dot i na~i not na optovaruvaweto. Popre~ni ot presek na oskata naj~esto e *kru`en (poln, a ponekoga{ i { upli v)*, a mo{ ne retko ponekoga{ mo` e da bide i *kvadrat en (nepodvi`ni oski ili oski koi bavno se vrt at)*. Nadol`ni ot obl ik zavis i od el ementi te (*trkala*) koi se vo skl op so oskata. Kako detal i mo` e da se spomenat premi ni te od presek vo presek, rakavci te i dr. Tipi ~en primer za toa e vagon skata oska { to se vrti zaedno so trkal ata, a e pri ka` ana na *sl.7.6*.



*Sl.7.6 Vagonska oska – sili i moment i na svi t kuvawe pri vozewe  
a) vo desna i b) vo leva kri vi na*