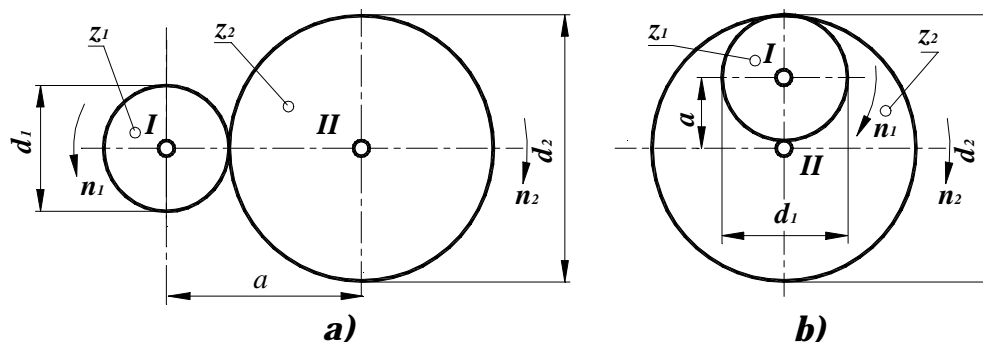


## 12.2 Zap-est i prenosnici

U{te od damne{ni vremiwa se sogledani zna-itelnite prednosti na zap-estite nad druge te vidovi mehani~ki prenosnici, taka {to tie bile pri menuvani u{te vo vremeto na *Archimed* (220 godi na pred n. e.) za crpeve voda, kaj mehani zmi te na veterni ci te, podvi `ni te mostovi kaj tvrdi ni te, a podocna i kaj ~asovni ci te. Nazabuvaweto na zap-eni ci te (*nazaben venec*) bilo predmet na postojano prou~uvawe, osobeno po pojavata na prvite ma{ini pa sé do den dene{en. Taka, mal e brojot ma{ini vo koi nema zap-eni ci, po~nuvajki od najsi tni te merni instrumenti (*vodomeri*), preku najsl o`eni te alatni ma{ini i vozila kako drumski, {inski ili vozdu{ni, pa sé do sovremeni te raketi i kosmi ~ki letala.

Zap-estite prenosnici spa|aat vo grupata neposredni prenosnici koi vrte`ni ot moment  $T_1$  od pogonskoto go prenesuvaat pri nudno so, naj-esto, multipl icirana vrednost  $T_2$  na gonetoto trkalo, bez lizgawe, so pomo{ na zapci po ni vni ot obem. Tie se narekuvaat *pogonski* i *gonet zap-enik* i se pri menuvaat koga e potrebno da se posti gne postojan prenosni odnos  $i$ .

Za paralelni vratila zap-estite prenosnici se izveduvaat kako *cilindri ~ni nadvore{no spregnat i zap-est i parovi so pravi, kosi ili st relest i zapci* i kako *vnat re{no spregnat i zap-eni ci so pravi i kosi zapci* (sl.12.17).



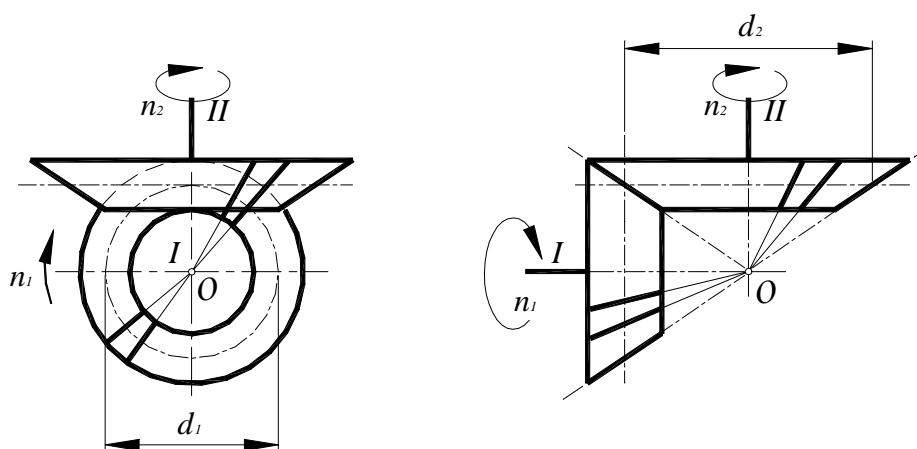
Sl.12.17 [ema na zap-est prenosnik kako a) nadvore{en i b) vnat re{en zap-est par

Dvata zap-enika kaj nadvore{ni ot zap-est par se nazabeni od nadvore{ -nata strana, (sl.12.17a), a kaj vnatre{ni ot par gol emi ot zap-enike e nazaben od vnatre{nata, a mali ot od nadvore{nata strana na trkaloto (sl.12.17b).

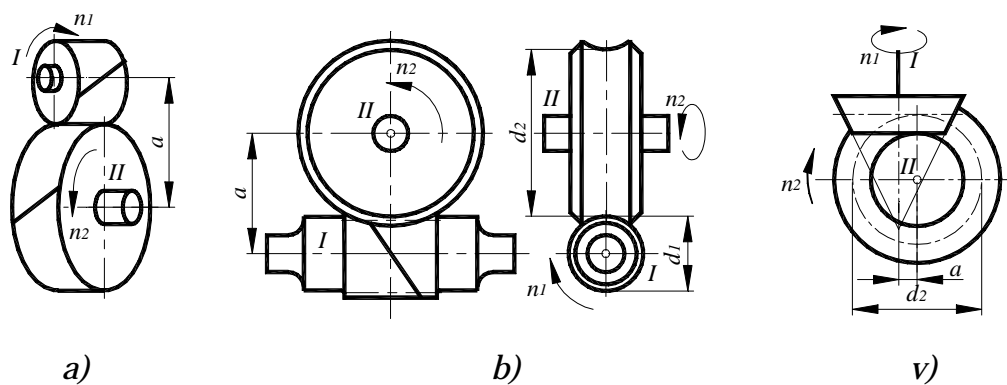
Za vrtila koi se se~at, zap~esti te prenosni ci se izvedu~aat so *koni~ni zap~eni ci* so *pravi, kosi* ili *kri vi* zapci (sl.12.18).

Za vrtila koi se razmi nu~aat zap~esti te parovi se hi perbol oi dni, no f akti~ki se izvedu~aat kako *cilindri~ni zap~eni ci* so *kosi* zapci (sl.12.19a), *pol`avest i* (sl.12.19b) i *koni~ni* so hi poi dni zapci (sl.12.19v).

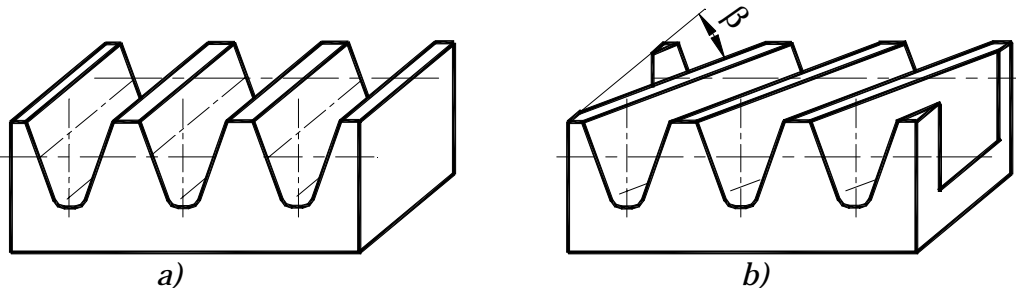
Ako pre~nikot na edniot zap~enik e beskon~no golem, toga{ toj premi nuva vo *nazabena let va* (sl.12.20), a spregnuvaweto e ramninsko pri { to vo sprega se *nadvore{ no nazaben zap~enik* i *nazabena let va* so *pravi* ili *kosi* zapci.



Sl.12.18 [ ema na zap~est par za vrtila { to se se~at



Sl.12.19 [ ema na zap~est par za vrtila { to se razmi nu~aat



Sl. 12.20 Nazabena let va so a) pravi i b) kosi zapci

Zap-esti te prenosni ci vo odnos na drugi te vi dovi prenosni ci gi i maat sl edni ve prednosti :

- odgovaaraat za { i rok di japazon na sil i ni  $P$  i brzi ni  $v$ ;
- rel ati vno mal ku gi optovaruvaat vratil ata i ni vni te le` i { ta;
- pri dobra i precizna izrabortka i maat vi sok stepen na i skori stuvaweto (duri i do  $\eta = 0,99$ );
- so dobro podma~kuvawe i pri zatvorena izvedba mo` at da rabotat i pove}e godi ni ;
- konstantna vrednost na prenosni ot odnos  $i$  i
- si gurnost vo rabotata.

Kako nedostatoci kaj zap-esti te prenosni ci se smetaat:

- slo` enata izrabortka i monta` a na zap-eni ci te;
- gol em { um vo rabotata, osobeno pri neto~na izrabortka i monta` a;
- nedovol na si gurnost od kr{ ewe i povr{ insko o{ tetuvawe na zapci - te.

Cil indri ~ni te zap-eni ci so kosi zapci rabotat poti vko od oni e so pravi zapci, a ni vna negativna strana e { to gi optovaruvaat vratil ata i so aksijalni sili, pri { to e potrebno vgraduvawe na aksijalno le` i { te vo ednata potpora na vratil oto.

Koni ~nite zap-esti parovi so pravi zapci se primenuvaat za sporedni celi, t.e. za mali brzi ni i optovaruvawa, dodeka za odgovorni nameni predvid doaat koni ~nite zap-eni ci so krivi zapci na primer kaj avtomobilski te di ferencijali. Kako koni ~ni zap-eni ci so kosi zapci retko se upotrebuvaat.

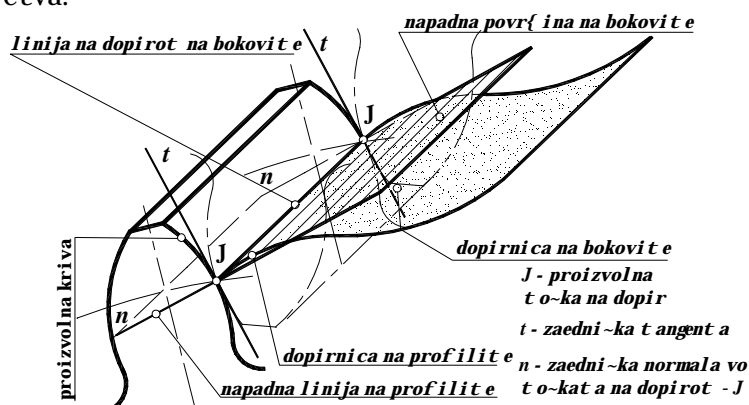
Prenosni ci te so cil indri ~ni zap-eni ci se primenuvaat kako za mali taka i za sredni i pogolemi vrednosti na sil i nata, a koni ~nite obi ~no za sredni i mali sil i ni.

## 12.2.1 Glavno pravilo na spregnuvawe o i dopirnica na profilit e na zapci t e

Spregnati te zap-enci prenesuvaat vrte` en moment so neposreden kontakt na aktivni te bokovi na spregnati te zapci. Za da se zadovol i osnovni ot ki nemati ~ki uslov - odr` uvawe konstanten prenosni odnos na spregnati te zap-enci, bokovite na zapci te, odnosno ni vni te prof ili treba da bi dat kri vi kaj koi zaedni ~kata normal a vo koja i da bi lo to~ka na dopir sekoga { da mi nuva ni z ki nemati ~ki ot pol C. Toa e takanare~enoto *glavno pravilo na spregnuvawe* kaj zap-esti te parovi.

Na *sl.12.21* e pri ka` ana takanare~enata *dopirnica na profilit e (kri va l i n i j a)*, kako i *dopirnicata na bokovite (kri va povr{ i n a)* na spregnati te zapci vo op{ t slu~aj koga prof ilot na zapci te pretstavuva proizvolna kri val i n i j a.

Oblikot na dopirnicata zavisi od izbranata forma na prof ilot, odnosno bokot na zabecot, a nejzinata postavenost zavisi od nasokite na vrteve na zap-enci te. Oblikot na aktivni ot del na prof ilot na edni ot zap-eni k mo` e da se izbi ra sosema proizvolno, na { to odgovara soodvetna dopirnica, a oblikot na prof ilot na zabecot od spregnati ot zap-eni k e napolno opredelen. Vrzoava postavka se zasnovuva i izrabotkata na zap-enci te po takanare~eni ot *met od na relat i vno t rkal awe* so pomo{ na zap-esta letva.



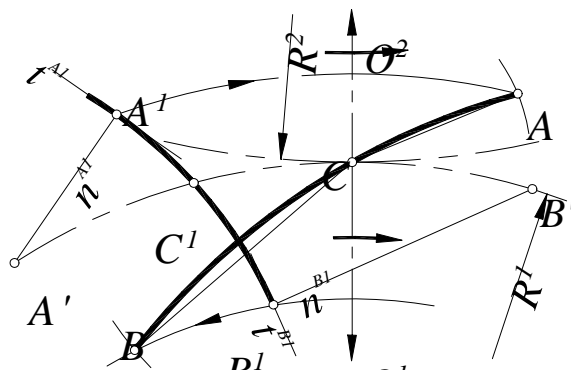
*Sl.12.21* Dopirnica na profilit e i na bokovite na zapci te vo op{ t slu~aj



### 12.2.1.1 Konst rukcija na dopirnicata i konst rukcija na spregnatiot profil

So pomo{ na glavnoto pravilo na spregnuvawe, za eden konkreten profil pri opredelini pre~nici na dopirnite (podelbenite) krugovi mo`e da se konstruira sodvetniot profil na drugiot spregnat zabec. Na sl.12.23 e prik`ana *Rouleaux* –vata postapka za konstruirawe na spregnatiot profil so pomo{ na dopirnicata.

Za dadeni pre~nici na podelbenite krugovi  $d_1$  i  $d_2$ , se pretpostavuva deka e poznat proizvolniot oblik na profilot na pogonskiot zabec  $A_1C_1B_1$ . Normalata na profilot vo to~kata  $A_1$  go se~e podelbeni ot krug na pogonski ot zap~enik vo to~kata  $A'$ . Koga pogonski ot zap~enik }e se zavrti okolu centarot  $O_1$  i to~kata  $A'$  dojde vo to~kata  $C$ , vo isti ot moment to~kata  $A_1$  }e dojde vo to~kata  $A$ , vo koja { to treba da bide ostvaren dopirot na to~kata  $A_1$  od pogonski ot so nekoja to~ka  $A_2$  od spregnatiot profil na goneti ot zap~enik, bi dej}i vo taa polo`ba normalata na profilot mi nuva niz centralnata to~ka  $C$ . Zna~i to~kata  $A$  se nao|a vo presekot na kru`ni ot lak so radius  $A_1A' = CA$  so centar vo to~kata  $C$  i kru`ni ot lak so radius  $O_1A_1$  so centar vo  $O_1$ . Na ist na~in se opredeluva i polo`bata na to~kata  $B$ , dodeka to~kata  $C$  ostanuva na svoeto mesto. Za proizvolno izbrana kriva linija na profilot  $A_1C_1B_1$  se dobiva kriva linija  $ACB$  { to se narekuva *dopirnicata*.

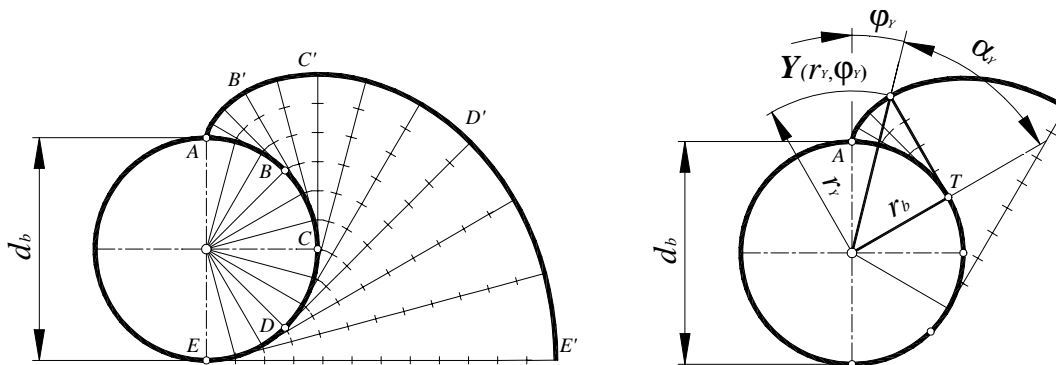


Sl.12.23 Konst rukcija na dopirnicata  $ACB$  za poznat profil  $A_1C_1B_1$

Dopirnicata e geometri sko mesto na si te posl edovatel ni to~ki na dopir na dvata spregnati profila vo tekot na eden dopiren period.

## 12.2.2 Evolvent na funkcija

Sekoja to-ka od prava { to se trkala bez li zgame po dadena kru`na li nija izveduva *kru`na evolventa*. Evolventata e specijalen slu-aj na perici kl oi da { to mo`e da se sf ati i kako kri va { to ja opi { uva to~kata na postojano zategnat konec { to se odmotuva od daden krug, odnosno cilindri~na plo~a (sl.12.24).



Sl.12.24a) Konst rukcija i b) pol arni koordi nat i na evol vent a so pre~nik na osnovni ot krug  $d_b$

Krugot po koj { to se trkala pravata se narekuva *osnoven krug*, a negovi ot pre~nik se obele`uva so  $d_b$ . Evolventata se upotrebuva kako profil na zapcite na zap~enici te, bi dej}i vo sporedba so drugi te kri vi ima pove}e prednosti. Ako akti vni ot del na profil ot na zapcite od edni ot zap~enik e evolventa na krug so pre~nik  $d_{b1}$ , toga { i profil ot na zapcite od drugi ot, so nego spregnat zap~enik e evolventa na pre~nik  $d_{b2}$ , { to e ednakov ili razli~en od  $d_{b1}$ . Vakvata osobenost ja imaat edinstveno evolventni te prof ili. Druga isto taka mnogu va`na osobenost na evolventni te prof ili e taa { to dopirnicata na profilite e prava linija. Kako najzna~ajna osobenost na evolventnoto nazabuvawe e neosetlivosta na eventualnata promena na me|uski noto rastojani e na spregnati te zap~enici vrz ni vnata i spravna rabota i odr` uvaweto na predvideni ot prenosni odnos.

Evolventata mo`e da se konstruira i so primena na evolventnata funkcija. Za proi zvol na to~ka od evolventata  $Y(r_Y, \phi_Y)$ , spored sl.12.24b mo`e da se napi { e

$$r_b (\alpha_Y + \phi_Y) = AT = \overline{YT} = r_b \operatorname{tg} \alpha_Y \quad 12.44$$

od kade sl eduva ravenkata

$$\varphi_Y = \operatorname{tg} \alpha_Y - \alpha_Y = \operatorname{inv} \alpha_Y \quad 12.45$$

pri { to napadni ot agol vo proizvol na to~ka od evol ventata se presmetuva spored i zrazot:

$$\cos \alpha_Y = \frac{r_b}{r_Y} = \frac{d_b}{d_Y}$$

$(\alpha_Y + \varphi_Y)^{\text{rad}}$  e central en agol za to~kata Y na evol ventata,

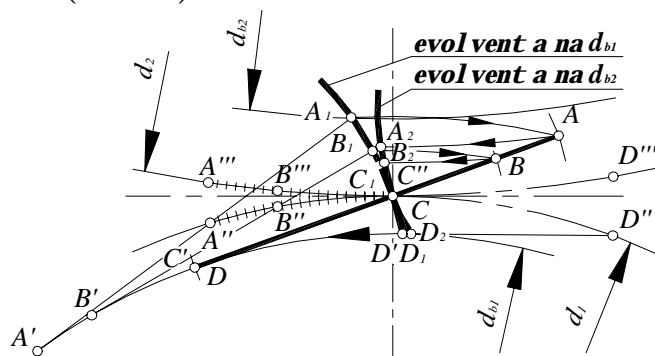
$\varphi_Y$  e evol vent na funkcija na agol ot  $\alpha_Y$  (involut od  $\alpha_Y$ ).

Za drugata pol arna koordi nata na evol ventata, spored sl.12.24 mo` e da se napi { e sl edni ot i zraz

$$r_Y = \frac{r_b}{\cos \alpha_Y} \quad 12.46$$

### 12.2.3 Konst rukcija na spregnat i ot profil pri evol vent no nazabuvawe

Dokol ku izbrani ot profil  $A_1B_1C_1$  ima evol venten oblik, dopi rni cata e prava linija { to minuva niz to~kata C. So pomo{ na dopi rni cata, pri poznat profil na edni ot zabec, mo` e da se konstrui ra nepoznati ot profil na drugi ot zabec (sl.12.25).



Sl.12.25 Konst rukcija na nepoznat i ot spregnat profil  $A_2B_2C_2$  so pomo{ na poznat i ot evol vent en profil  $A_1B_1C_1$  i dopi rni cat a ABCD

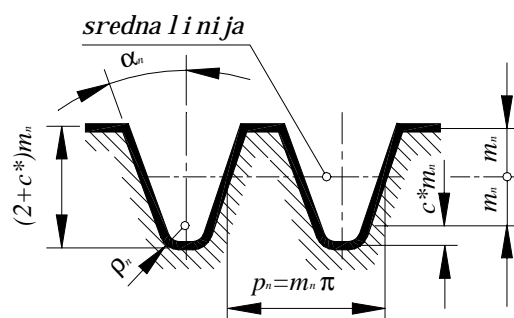
So del ewe na lakot  $A''C$  od ki nemati ~ki ot krug  $d_1$  na pogol em broj mal i del ovi , negovata dol ` i na se nan esuva od  $C$  na ki nemati ~ki ot krug  $d_2$  i so toa se dobi vaat to~ki te  $A'''$ ,  $B'''$ ,  $C'''$ . Na takov na~i n se posti gnuva dol ` i nata na lakot na zap~enikot so ki nemati ~ki pre~nik  $d_1$  da bide ednakva so dol ` i nata na lakot na zap~enikot so ki nemati ~ki pre~nik  $d_2$ , t.e.  $A''C = A'''C$ . Ova se podrazbi ra koga se znae deka dopi rni te krugovi na spregnati te zap~enici se trkalaat eden po drug bez li z gawe. Vo presekot na kru` ni ot lak so centar vo ki nemati ~ki ot krug  $d_2$  i lakot so polupre~nik  $A_1A''$  so centar vo  $A'''$  se nao|a to~kata  $A_2$  od spregnati ot profil na zabecot od spregnati ot zap~enik., bidej}i treba da bide  $A''A_1 = A'''A_2$ , kako dol ` i na od zaedni ~kata normala i bidej}i to~kata  $A''$  ke se sretne so  $A'''$  koga zaedni ~kata normala ke mi nuva niz to~kata  $C$ .

Krivata linija  $A_2B_2C_2D_2$  e barani ot profil na zabecot od spregnati ot zap~enik, { to e opredel en so pomo{ na dopi rni cata  $ABCD$  i so pri mena na gl avnoto pravi lo na spregnuvawe.

### 12.2.4 Standarden profil na zapcitate

Evolventata premi nuva vo prava linija koga centarot na osnovni ot krug se nao|a vo beskonenost. Ovaa prava e normal na na dopi rni cata. Zabecot so pravoliniski profil lesno i precizno mo` e da se izraboti. Zatoa vakvi ot profil na zapcitate usvoen kako standarden profil kako za izrabotka, taka i za prou~uvawe na obl i kot na zapcitate.

Standardni ot profil na zapcitate le` i vo ramni na normal na na bo~ni te linii na zapcitate od osnovnata zap~esta letva, a e pri ka` an na *sl. 12.26*. Linijata { to pravoliniski ot del na profi lot na zapcitate od osnovnata zap~esta letva go del i na dva ednakvi del a se narekuva *sredna linija*.



Sl.12.26 Standarden profil na zapcitate