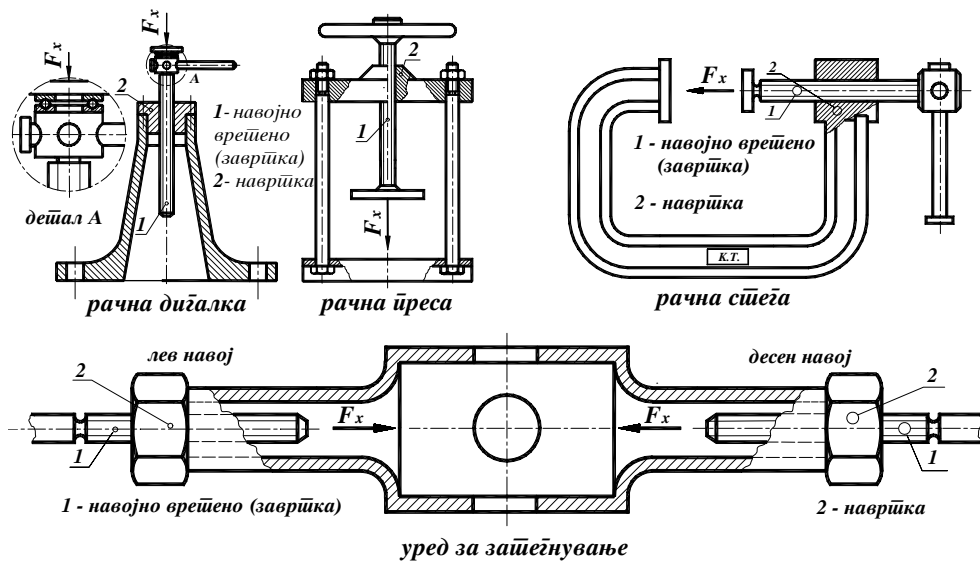


## 5.4 Навојни преносници

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 врејено* - дел со надворешен навој (*заврјка*) и *наврјка* - дел со внатрешен навој. За оваа намена најчесто се употребува трапезниот, а поретко и косиот навој. Обликот на вретеното и навртката не се стандардизирани.

Навојниот преносник е подвижна навојна врска, бидејќи во текот на работата едниот (*заврјката* или *наврјката*) се движи во однос на другиот елемент под полно работно оптоварување. Во работата на навојниот преносник се овозможува постигнување голема вредност на аксијалната сила  $F_x$  со помош на мала вредност на вртежниот момент  $T$ . Ваквата особеност на навојните преносници најде примена при конструкцијата на рачни дигалки, рачни преси, рачни стеги, уреди за затегнување (сл.5.10), менгемиња, извлекувачи и др. Се одликуваат со проста конструкција, а постигнуваат голема носивост при мали габаритни димензии.



Сл.5.10 Навојни преносници

### 5.4.1 Анализа на оџтоварувањата кај навојниот ѓреносник

Оптоварувањата и напругнувањата на кои се изложени навојните преносници најдобро се прикажуваат на примерот со рачната дигалка (сл. 5.10) што служи за подигнување товари со маса од 0,5 до 15 [t] на височини од 100 до 500 [mm] со рачна сила чија вредност изнесува од 150 до 250 [N]. Навртката кај рачната дигалка е неподвижна, а навојното вретено се врти и како резултат на тоа врши вертикално транслаторно движење, подигајќи го на тој начин товарот што е сместен на невртлива платформа на челната површина од вретеното.

Масата на товарот го оптоварува вретеното со аксијална сила  $F_x$ , од чија вредност од челото до навртката навојното вретено е оптоварено на притисок, а поради триењето што се јавува во активните навои при рачното вртење со помош на рачката, вретеното е оптоварено и на торзија.

Според тоа, вкупната вредност на вртежниот момент  $T$  се пресметува како збир од неговата вредност што служи за совладување на отпорите од триењето помеѓу платформата и челото на вретеното (*вртењето се врши а ѓлајформата не*) и од делот што служи за совладување на отпорите од триење помеѓу навоите на вретеното и навртката (*вртењето се врши, а навртката мирува*). Според тоа за вкупната потребна вредност на вртежниот момент може да се напише

$$T = T_p + T_n \quad 5.07$$

при што

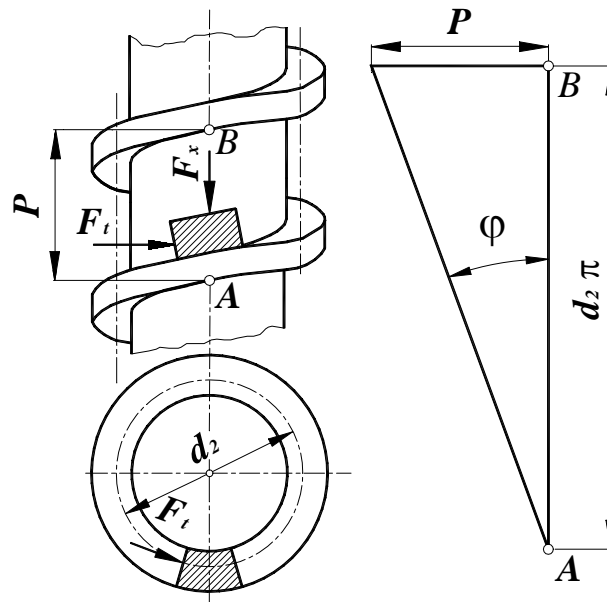
$T_p$  – вредност на вртежниот момент за совладување на триењето помеѓу подлогата и товарот

$T_n$  - вредност на вртежниот момент за совладување на триењето помеѓу навоите од вретеното и навртката

Налегнувањето на навртката по навојното вретено може да се спореди со движење на призматично тело по коса рамнина со агол во однос на хоризонталата што е еднаков со аголот на наклонот на навојницата  $\phi$ , како што е прикажано на сл.5.11. Притоа за еден вртеж призматичното тело изминува пат чија што должина во правец на тангенцијалната сила  $F_t$  е еднаква со обемот на кружната линија со пречник  $d_2$ , а истовремено во правец на аксијалната сила  $F_x$  изминува пат што е еднаков со чекорот на навојницата  $P$ .

Врската помеѓу вредноста на периферната сила  $F_t$  што делува на средниот пречник од навојот и аксијалната сила  $F_x$ , што резултира од масата на товарот, заедно со отпорот од триење, се определува од условот за еднаквост на работите што двете сили ги обавуваат за еден вртеж на вретеното, или

$$F_t d_2 \pi = F_x P \quad 5.08$$



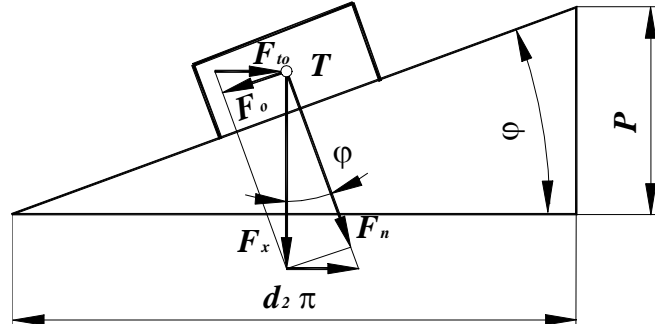
Сл.5.11 Опишварување на навојниот преносник

Ако се занемари триењето т.е аголот на триење  $\rho = \arctg \mu$  (сл.5.12), вредноста на периферната сила е  $F_{t0}$ , па изразот 5.08 го добива следниот облик

$$F_{t0} d_2 \pi = F_x P \quad 5.09$$

од каде за минималната вредност на периферната сила  $F_{t0}$  при која призмата не се спушта надолу по рамнината, се добива

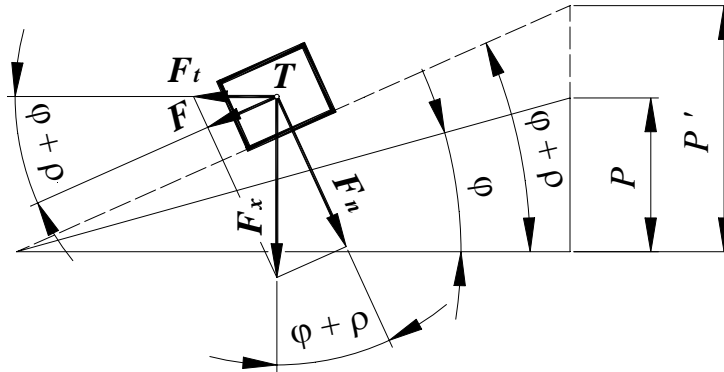
$$F_{t0} = F_x \frac{P}{d_2 \pi} = F_x \operatorname{tg} \varphi \quad 5.10$$



Сл.5.12 Модел на оштотварувањата во навојниот преносник при занемарено триење

Фактички, при движење на призмата по стрмната рамнина постои триење, што за движење нагоре може да се земе предвид со замислено зголемување на аголот на рамнината  $\varphi$  за вредноста на аголот на триење  $\rho = \arctg \mu$ , така што (сл.5.13) претходниот израз го добива следниот облик

$$F_t = \frac{F}{\cos(\varphi + \rho)} = \frac{F_x \sin(\varphi + \rho)}{\cos(\varphi + \rho)} = F_x \operatorname{tg}(\varphi + \rho) \quad 5.11$$



Сл.5.13 Модел на оштотварувањата во навојниот преносник со триење

За движење на призмата надолу по стрмната рамнина, потребната вредност на периферната сила ќе биде

$$F_t' = -F_x \operatorname{tg}(\varphi - \rho) \quad 5.12$$

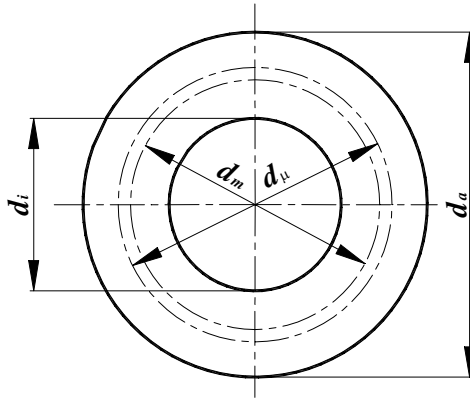
Делот од вредноста на вртежниот момент што се троши за совладување на отпорите од триење помеѓу неподвижната платформа и подвижното (врџливо) чело на вретеното се пресметува според равенката

$$T_p = F_t \frac{d_\mu}{2} = \mu F_x \frac{d_\mu}{2} = \mu F_x \frac{1}{3} \frac{d_a^3 - d_i^3}{d_a^2 - d_i^2} \quad 5.13$$

каде што според сл.5.14

$$d_\mu \approx \frac{2}{3} \frac{d_a^3 - d_i^3}{d_a^2 - d_i^2} - \text{приближна вредност на пречникот во кој дејствува силата од}$$

$$\text{триење } F_{tr} = \mu F_x$$



Сл.5.14 Фрикционајна површина помеѓу неподвижната платформа и чело на навојното вретено

а делот од вредноста на вртежниот момент што се троши на совладување на отпорите од триење во навоите од навртката е

$$T_n = F_x \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\varphi + \rho) \quad 5.14$$

така што вкупната потребна вредност на вртежниот момент при кревање на товарот е

$$T = T_n + T_p = F_x \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\varphi + \rho) + F_x \mu \frac{1}{3} \frac{d_a^3 - d_i^3}{d_a^2 - d_i^2} = F_x \frac{d_2}{2} \left[ \operatorname{tg}(\varphi + \rho) + \frac{2}{3} \frac{\mu}{d_2} \frac{d_a^3 - d_i^3}{d_a^2 - d_i^2} \right] \quad 5.15$$

а при спуштање

$$T = T_n + T_p = -F_x \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\varphi - \rho) + F_x \mu \frac{1}{3} \frac{d_a^3 - d_i^3}{d_a^2 - d_i^2} = -F_x \frac{d_2}{2} \left[ \operatorname{tg}(\varphi - \rho) - \frac{2}{3} \frac{\mu}{d_2} \frac{d_a^3 - d_i^3}{d_a^2 - d_i^2} \right] \quad 5.16$$

Од изразот за вредноста на вртежниот момент при кревање на товарот се гледа дека вредноста на вртежниот момент е позитивна, така што при спуштање на товарот неговата вредност е негативна. Од изразот за вредноста на вртежниот момент при спуштање на товарот е очевидно дека услов таа вредност да биде негативна е вредноста на изразот во средните загради, така за

$$\left[ \operatorname{tg}(\varphi - \rho) - \frac{2}{3} \frac{\mu}{d_2} \frac{d_a^3 - d_i^3}{d_a^2 - d_i^2} \right] > 0 \text{ - вкупната вредност на вртежниот момент е}$$

негативна така што товарот спонтано *се сѝуишѝа* по стрмната рамнина,

$$\left[ \operatorname{tg}(\varphi - \rho) - \frac{2}{3} \frac{\mu}{d_2} \frac{d_a^3 - d_i^3}{d_a^2 - d_i^2} \right] = 0 \text{ - вкупната вредност на вртежниот момент е}$$

нула така што постои *ѓраница на лизѓање* т.е. *ѓраница на самосѝирање* и

$$\left[ \operatorname{tg}(\varphi - \rho) - \frac{2}{3} \frac{\mu}{d_2} \frac{d_a^3 - d_i^3}{d_a^2 - d_i^2} \right] < 0 \text{ - вкупната вредност на вртежниот момент е}$$

позитивна, така што постои *самосѝирање*.

Последните услови за однесувањето на товарот кај навојниот преносник кога постои триење помеѓу платформата и челото на вретеното можат да се напишат и во следниот облик

$$\operatorname{tg}(\varphi - \rho) > \frac{2}{3} \frac{\mu}{d_2} \frac{d_a^3 - d_i^3}{d_a^2 - d_i^2} \text{ - товарот спонтано се сѝуишѝа по рамнината}$$

$$\operatorname{tg}(\varphi - \rho) = \frac{2}{3} \frac{\mu}{d_2} \frac{d_a^3 - d_i^3}{d_a^2 - d_i^2} \text{ - ѓраница на самосѝирање и}$$

$$\operatorname{tg}(\varphi - \rho) < \frac{2}{3} \frac{\mu}{d_2} \frac{d_a^3 - d_i^3}{d_a^2 - d_i^2} \text{ - самосѝирање.}$$

За да се намали вкупното триење во навојниот преносник често помеѓу платформата и челото на вретеното се вградува тркалачко аксијално

лежиште, при што вредноста на коефициентот на триење е  $\mu \approx 0$ , така што последните услови го добиваат следниот облик

$\operatorname{tg}(\varphi - \rho) > 0$  - товарот се сџуишџа по рамнината,

$\operatorname{tg}(\varphi - \rho) = 0$  - граница на самосџирање и

$\operatorname{tg}(\varphi - \rho) < 0$  - самосџирање.

Од последните равенки следува

$\varphi - \rho > 0$  - товарот се сџуишџа по рамнината,

$\varphi - \rho = 0$  - граница на самосџирање и

$\varphi - \rho < 0$  - самосџирање и најпосле

$\varphi > \rho$  - товарот се сџуишџа по рамнината,

$\varphi = \rho$  - граница на самосџирање и

$\varphi < \rho$  - самосџирање.

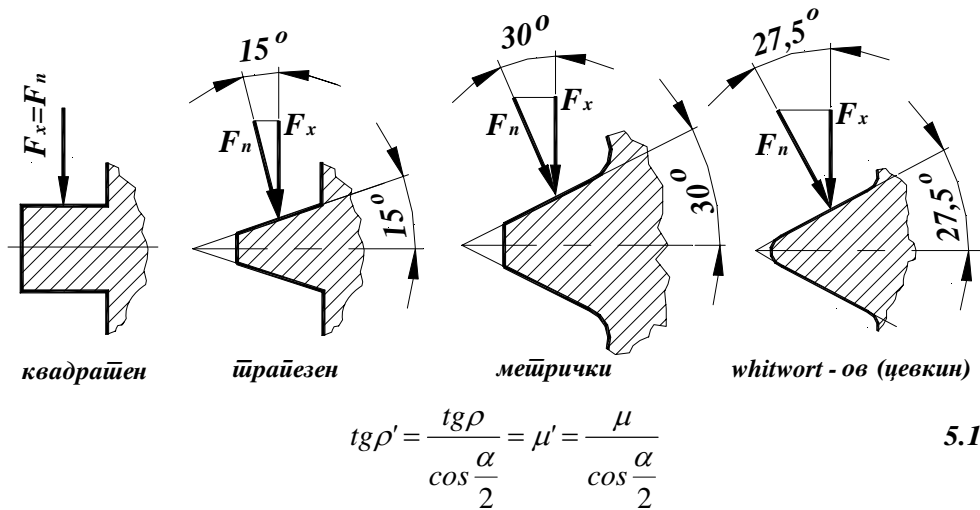
5.17

Заради безбедност во работата, во никој случај не смее да се дозволи навојното вретено само од себе да се спушта надолу. Оттука се појавува потребата кај навојните преносници (*диџалки*) да биде запазен условот за самосџирање. Овој услов е дотолку повеќе обезбеден, доколку аголот на навојот  $\varphi$  е помал, а аголот на триење  $\rho$  поголем.

За докажување на условот за самосџирање е користен квадратен навој на вретеното и навртката, така што во општ случај треба е да се работи со така наречениот редуциран коефициент на триење  $\mu'$ , чија вредност произлегува од геометриските односи што се прикажани на *сл.5.15*. Притоа условот за самосџирање е

$\varphi < \rho'$  - самосџирање

при



Сл.5.15 Редуциран коефициенѝ на триење за некои сѝандардни навои

така што за вредноста на нормалната сила на навојот се добива

$F_n = \frac{F_x}{\cos \frac{\alpha}{2}}$  заради што вредноста на коефициентот на триење се редуцира

според следните изрази:

$$\operatorname{tg} \rho' = \frac{\operatorname{tg} \rho}{\cos 0^\circ} = \mu' = \mu \text{ - за квадратен навој} \quad 5.19$$

$$\operatorname{tg} \rho' = \frac{\operatorname{tg} \rho}{\cos \frac{30^\circ}{2}} = \mu' = \frac{\mu}{\cos 15^\circ} = 1,0353 \mu \text{ - за трапезен навој} \quad 5.20$$

$$\operatorname{tg} \rho' = \frac{\operatorname{tg} \rho}{\cos \frac{60^\circ}{2}} = \mu' = \frac{\mu}{\cos 30^\circ} = 1,1547 \mu \text{ - за метрички навој и} \quad 5.21$$

$$\operatorname{tg} \rho' = \frac{\operatorname{tg} \rho}{\cos \frac{55^\circ}{2}} = \mu' = \frac{\mu}{\cos 27,5^\circ} = 1,1274 \mu \text{ - за Whitworth -ов навој} \quad 5.22$$

### 5.4.2 Сѐеѐен на искорисѐување кај навојниот преносник

Како и кај секоја друга машина, така и кај навојниот преносник само мал дел од вложената енергија се искористува, додека другиот дел се претвора во топлина поради совладување на триењето помеѓу навојите од врејеното и наврџката, како и помеѓу ѝлајформата (носач на товарот) и челото на навојното врејено.

Под поимот сѐеѐен на искорисѐување, по дефиниција, секогаш се подразбира количник од добиената (корисно извршена) и вложената работа во единица време, односно сила. Според тоа, за степенот на искористувањето на навојниот преносник (сл.5.10) може да се напише

$$\eta = \frac{P_k}{P} = \frac{F_x v}{T \omega} \quad 5.23$$

каде што

$P_k = F_x v$  - корисно извршена работа во единица време кај навојниот преносник и

$P = T \omega$  - вложена работа во единица време кај навојниот преносник

$F_x$  - аксијална сила во навојното вретено на преносникот

$v$  - брзина на подигање на товарот

$T$  - вртежен момент потребен за совладување на триењето во преносникот при подигање на товарот

$\omega$  - аголна зачестеност на навојното вретено.

Според тоа, ако во последниот израз се воведат познатиот израз за вртежниот момент  $T$  (5.15), за степенот на искористување кај навојните

преносници кога постои триење помеѓу навоите од вретеното и навртката, како и помеѓу платформата и челото на навојното вретено, се добива

$$\eta = \frac{F_x \operatorname{tg} \varphi d_2 \pi n}{F_x \frac{d_2}{2} \left[ \operatorname{tg}(\varphi + \rho_v) + \frac{2 \mu (d_a^3 - d_i^3)}{3 d_2 (d_a^2 - d_i^2)} \right] \cdot 2 \pi n} = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg}(\varphi + \rho_v) + \frac{2 \mu (d_a^3 - d_i^3)}{3 d_2 (d_a^2 - d_i^2)}} \quad 5.24$$

а кај навојните преносници кај кои триењето помеѓу платформата и челото од навојното вретено е занемарливо (*аксијално ѓркалчко лежиште*), изразот за степенот на искористување го добива следниот облик

$$\eta = \frac{F_x \operatorname{tg} \varphi d_2 \pi n}{F_x \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\varphi + \rho_v) \cdot 2 \pi n} = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg}(\varphi + \rho_v)} \quad 5.25$$

Со анализа на последниот израз се констатира дека за определена вредност на редуцираниот агол на триење  $\rho_v$ , при зголемување на аголот на навојницата  $\varphi$  од нула до приближно  $50^\circ$ , вредноста на степенот на искористување на навојниот преносник на почетокот бргу расте, потоа неговиот пораст се смалува и за вредност на аголот на навојницата  $\varphi \approx 42^\circ$  ја достигнува својата максимална вредност од  $\eta \approx 0,9$ , а потоа опаѓа.

Кај навојните преносници кај кои е потребно да биде исполнет условот за самосопирање (*дигалки*), аголот на навојницата  $\varphi$  е доста мал па затоа и степенот на искористување кај нив има мала вредност. Така за агол на навојницата од  $\varphi \approx 5^\circ$  неговата вредност достигнува околу  $0,45$ . Според тоа, рачната дигалка со навојно вретено секогаш работи со низок степен на искористување, што претставува свесна жртва за да се одбегне вградување на посебна сопирачка како кај другите конструкции дигалки.

Поради поголеми вредности на аголот на навојницата, повеќебдните навојни преносници имаат повисоки вредности на степенот на искористување. При спуштање на товарот, вредноста на степенот на искористувањето се пресметува според изразот

$$\eta' = \frac{\operatorname{tg}(\varphi - \rho_v)}{\operatorname{tg} \varphi} < \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg}(\varphi + \rho_v)} = \eta \quad 5.26$$

### 5.4.3 Пресметка на навојниот преносник

Основна карактеристика на сите навојни преносници е фактот што вртливото движење на вретеното го претвораат во праволиниско (*транслаторно*) движење при што под дејство на аксијалната сила  $F_x$ , навојното вретено е изложено на затегнување кај уредот за затегнување, или на притисок кај рачната преса, дигалка или стега, а поради дејството на вртежниот момент  $T$  кај сите навојни преносници тоа е изложено и на торзија т.е. усукување. Долгите притиснати вретена можат да бидат изложени истовремено и на извиткување.

Според тоа, во јадрото на навојното вретено постои *сложена напонска состојба*. Кај рачната дигалка, преса или стега вретеното истовремено е изложено на *притисок (пресија)* и *усукување (торзија)*, а кај уредот за затегнување истовремено е изложено на *затегнување (екстензија)* и *усукување (торзија)*.

Од друга страна навоите на навојното вретено и навртката се изложени истовремено на *свикување (флексија)*, *смолкнување (секција)* како и на *површински притисок*.

Поради тоа, при димензионирањето на елементите на навојниот преносник мора да се земе предвид истовременото дејство на повеќето напрегања по пат на сведување на едно од преовладувачките. По извршеното димензионирање е потребно да се изврши контрола на сложените напони во карактеристичните пресеци.

Така, при димензионирање на навојното вретено кај овие преносници влијанието на напрегнувањето од усукување во пресекот на јадрото, се зема предвид со наголемување на аксијалната сила  $F_x$  за 33%, па така за димензионирање на вретеното се поаѓа само од напрегнувањето на затегнување односно притисок. Според тоа, вредноста на напрегнувањето од притисок, односно затегнување во јадрото на трапезниот навој од зголемената вредност на аксијалната сила  $F_x$  е

$$\sigma_z = \frac{1,33 \cdot F_x}{A_3} = \frac{4 \cdot 1,33 \cdot F_x}{\pi d_3^2} \quad 5.27$$

Бидејќи во претходниот израз не е позната вредноста на пречникот на јадрото од навојното вретено може да се рече дека не е можно да се пресмета вредноста на работниот напон, но затоа, пак, видот на материјалот од

вретеното не дозволува таквиот напон да биде поголем од дозволениот  $\sigma_{dz}$ , така што може да се напише

$$\sigma_z = \frac{4 \cdot 1,33 \cdot F_x}{\pi d_3^2} \leq \sigma_{dz} \quad 5.28$$

од каде што за непознатата потребна вредност на пречникот од јадрото на навојното вретено може да се изведе изразот

$$d_3 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 1,33 \cdot F_x}{\pi \sigma_{dz}}} \approx 1,3 \sqrt{\frac{F_x}{\sigma_{dz}}} \quad [mm] \quad 5.29$$

при што

$F_x$  [N] - е вредност на аксијалната сила во навојното вретено

$\sigma_{dz} = \frac{R_e}{S}$  [N/mm<sup>2</sup>] е дозволен напон на затегнување односно притисок за

материјалот на навојното вретено

$R_e$  [N/mm<sup>2</sup>] е граница на развлекување за материјалот на навојното вретено, според таб.3.2 (конструктивен челик), таб.3.3 (челик за цементација) или таб.3.4 (челик за подобрување)

$S = 3,0$  до  $4,0$  е степен на сигурноста.

Со вака пресметаната вредност, од таб.5.3 се избира трапезен навој со првата поголема вредност на пречникот на јадрото  $d_3$ . Исто така за избраниот трапезен навој од истата табела се прочитуваат и другите негови димензии, така што сега е потребно да се изврши контрола на сите други напони во навојното вретено и навртката на навојниот преносник.

### 5.4.3.1 Контрола на напоните во јадрото на вретеното

Нормалниот напон од затегнување односно притисок во јадрото на навојното вретено е определен со равенката

$$\sigma_z = \sigma_c = \frac{F_x}{A_3} = \frac{4 F_x}{\pi d_3^2} \leq \sigma_{dz} \quad 5.30$$

Тангенцијалниот напон од усукнување во јадрото на навојното вретено е дефиниран со следната равенка

$$\tau_t = \frac{T}{W_0} = \frac{16T}{\pi d_3^3} \leq \tau_{dt} \quad 5.31$$

каде што

$T [Nmm]$  е вкупниот вртежен момент во навојното вретено

$W_0 = \frac{\pi d_3^3}{16} [mm^3]$  е поларен отпорен момент за јадрото на навојот

$\tau_{dt} = 30$  до  $40 [N/mm^2]$  е дозволен напон на торзија за челици со

$$R_m = 500 \text{ до } 700 [N/mm^2]$$

$\tau_{dt} = 60$  до  $70 [N/mm^2]$  е дозволен напон на торзија за челици со

$$R_m = 700 \text{ до } 1000 [N/mm^2]$$

Како што веќе е наведено, јадрото на навојното вретено истовремено е изложено на нормален напон од затегнување односно притисок и на тангенцијален напон од усукување, па затоа е потребно да се изврши контролна пресметка на виртуелниот напон, според изразот

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_z^2 + (\alpha \tau_t)^2} = \sqrt{\sigma_z^2 + 3\tau_t^2} \leq \sigma_{dz} \quad 5.32$$

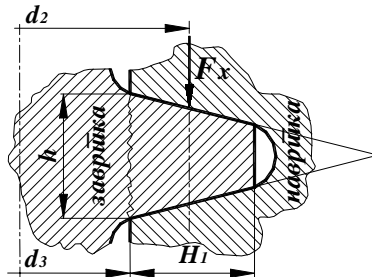
каде што

$\alpha_0 = \frac{R_e}{R_\tau} \approx \sqrt{3}$  со тоа што  $R_e$  и  $R_\tau$  се соодветните граници на течењето за

материјалот на навојното вретено при  $R_\tau \approx 0,58 R_e$

### 5.4.3.2 Контрола на напоните во навојите од вретеношо

На сл.5.16 е прикажан спојот на навојот од навојното вретено со навојот од навртката, оптоварен со аксијалната сила  $F_x$  од којашто се јавува напон на свиткување  $\sigma_s$  и смолкнување  $\tau_s$  во коренот и на површински притисок  $p$  на бокот од навојот.



Сл.5.16 Ойшоварување на навојот од навојното вретено

### 5.4.3.2.1 Контрола на напоните во коренот на навојот

Како што се гледа од сл.5.16, напонот на свиткување во коренот на навојот од вретеното е даден со изразот

$$\sigma_s = \frac{M_s}{W} = \frac{6 F_x H_1}{2 \pi d_3 h^2 z} \approx 1,188 \frac{F_x}{d_3 l_n} \quad 5.33$$

бидејќи е

$H_1 = \frac{P}{2}$  е допирна височина на навојот на вретеното и навртката,

$h \approx 0,635 P$  е дебелина во коренот на навојот

$z = \frac{l_n}{P}$  е активен број навои (во навртката на преносникот)

а напонот од смолкнување во коренот на навојот е определен со равенката

$$\tau_s = \frac{F_x}{A_s} = \frac{F_x}{\pi d_3 h z} \approx 0,5 \frac{F_x}{d_3 l_n} \quad 5.34$$

така што за односот на напонот од свиткување  $\sigma_s$  и напонот од смолкнување  $\tau_s$  во коренот од навојот на вретеното може да се напише

$$\frac{\sigma_s}{\tau_s} \approx \frac{1,188}{0,5} \approx 2,4 \quad 5.35$$

Според тоа, *виртуелниот* (сложен) напон во коренот на навојот ќе биде

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_s^2 + 3\tau_s^2} = \frac{F_x}{d_3 l_n} \sqrt{1,188^2 + 3 \cdot 0,5^2} \approx 1,47 \frac{F_x}{d_3 l_n} \quad 5.36$$

### 5.4.3.2.2 Контрола на напоните во навртката

Користејќи се со наведените односи за големините кај трапезниот навој, површинскиот притисок на навоите од вретеното и навртката е даден со

$$p = \frac{F_x}{A_p} = \frac{F_x}{D_2 \pi H_1 z} = \frac{F_x P}{D_2 \pi 0,5 P l_n} = \frac{2}{\pi} \frac{F_x}{D_2 l_n} \approx 0,637 \frac{F_x}{D_2 l_n} \leq p_d \quad 5.37$$

каде што дозволниот површински притисок за навртката изнесува

$p_d = 7,0$  до  $9,0$   $[N/mm^2]$  - за навртки од сив лив и

$p_d = 11,0$  до  $18,0$  [ $N/mm^2$ ] - за навртки од бронза

Напонот од смолкнување во коренот на навојот од навртката се проверува според изразот

$$\tau_s \approx 0,5 \frac{F_a}{D_4 l_n} \leq \tau_{ds} \quad 5.38$$

при што

$\tau_{ds} = 25,0$  до  $35$  [ $N/mm^2$ ] е дозволен напон на смолкнување за навртката

Надворешниот пречник на навртката треба да биде

$$D \approx (1,5 \text{ до } 1,8) d \quad 5.39$$