

Глава шеста

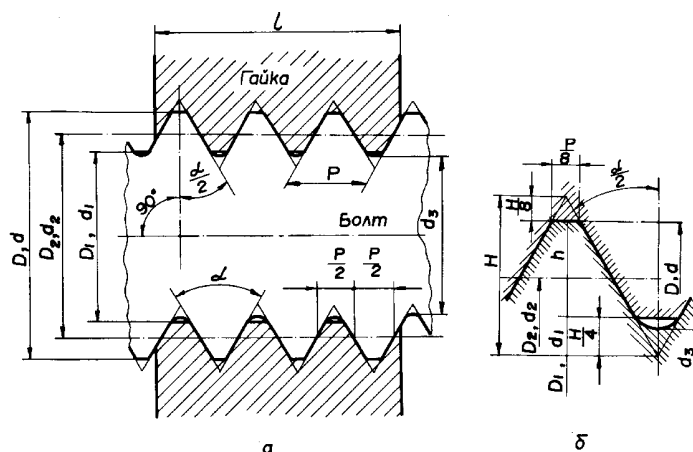
1.6. Взаимозаменяемост на резбови цилиндрични съединения

1.6.1. Определящи параметри при цилиндрични резби с триъгълен профил

Цилиндричните резби с триъгълен профил имат следните параметри /фиг.1.61/.

Номинален външен диаметър / d , D / - общият за гайката и болта диаметър на цилиндър, описан по върховете на резбата на болта и вписан по падините на резбата на гайката /фиг.1.6.1a/. При означаването на резбата върху чертежите се посочва винаги номиналният външен диаметър.

Номинален вътрешен диаметър / d_1 , D_1 / - диаметърът на цилиндъра, описан по падините на резбата на болта и върховете на резбата на гайката.



Фиг. 1.6.1. Геометрични параметри на метричната резба

Номинален среден диаметър / d_2 , D_2 / - диаметърът на въображаемият цилиндър, който дели профила на резбата на гайката и болта така, че дебелината на навивките да е равна на широчината на падините.

За резби с нечетен брой на ходовете / 1, 3 и т.н. / средният диаметър може да се определи като разстояние между две противоположащи разноименни страни на профила в равнина, перпендикулярна на оста на резбата.

Изчислителен вътрешен диаметър на болта / d_3 / - диаметър на цилиндър, вписан по падините на закръглението на резбата на болта.

Стъпка на резбата / P / - разстоянието между две едноименни страни на два съседни профила, измерено в направление, успоредно на оста на резбата. Стъпката на резбата се измерва по права линия, разположена близко до образователната на цилиндъра с диаметър, равен на средния диаметър на резбата.

Радиус на закръгление / R / - радиусът на закръглението при основата на резбата на болта.

Ход на резбата - осовото преместване на гайката при завъртането и около болта на един оборот. За едноходовата резба ходът е равен на стъпката, а при многоходовите резби ходът се определя като произведение от броя на ходовете i по стъпката P .

Ъгъл на профила / α / - ъгълът, заключен между страните на профила. Под профил на резбата се разбира сечение на навивките с равнина, която минава през оста на резбата. Профилът има лява страна – тази, която е от ляво на перпендикуляра спуснат от върха на профила към оста на резбата, и дясна страна – тази, която е отдясно на същия перпендикуляр.

Ъгъл на наклона на профила - ъгълът между страната на профила и перпендикуляра, спуснат от върха на профила към оста на резбата. При резбите със симетричен профил се употребява понятието половин ъгъл на профила / $\alpha/2$ /.

Височина на изходния профил / H / - височината на островърхият триъгълник получен при пресичането на страните на профила.

Номинална височина на профила / h / - полуразликата между номиналният вътрешен диаметър, т.е.

$$h = \frac{1}{2}(d - d_1) \quad , 1.6.1-2$$
$$h = \frac{1}{2}(D - D_1)$$

Ъгъл на наклона на винтовата линия / ψ / - ъгъла, заключен между винтовата линия и равнината, перпендикулярна на оста на резбата. Изчислява се чрез равенството:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{P_i}{nd_2} \quad , 1.6.3$$

Основни параметри на резбата са: средният диаметър, стъпката и $\frac{1}{2}$ от ъгъла на профила, но взаимозаменяемостта може да се наруши, ако не се регламентират външният и вътрешният диаметър. Все пак трябва да се има предвид, че основно взаимозаменяемостта на резбите с триъгълен профил зависи главно от: грешките на средния диаметър, стъпката и $\frac{1}{2}$ ъгъл на профила.

1.6.2. Влияние на основните параметри на резбата върху взаимозаменяемостта на резбовото съединение

Основните параметри, които влияят върху взаимозаменяемостта на резбовото съединение, са: външен диаметър d, D ; вътрешен диаметър d_1, D_2 ; среден диаметър d_2, D_2 , стъпка P и половината от ъгъла на профила $\alpha/2$.

За повечето резби, които не са предназначени да създават херметичност от икономически съображения стандартът предвижда гарантирана хлабина по вътрешния и външния диаметър на резбата, поради което на взаимозаменяемостта, независимо един от друг, влияят само средния диаметър d_2 , D_2 стъпката P и половината от ъгъла на профила $\alpha/2$.

- ✓ влияние на отклонението на стъпката на резбата върху взаимозаменяемостта. При нарязване на резбите поради неточност на стъпката на водещия винт на струга, температурните деформации износването на режещите инструменти и други се получават отклонения - грешки на стъпката. Тези грешки се подразделят на натрупани /прогресивни/, периодични и местни. Най-голямо влияние върху взаимозаменяемостта оказват натрупаните грешки. Ако върху сечението на резбата на гайката с теоретичен профил се наложи сечението на резбата на болт, стъпката на който има отклонение ΔP_n на дължината на завинтването l_e при равни средни диаметри $d_2=D_2$ на болта и гайката те не могат да се завинтят без да се разруши част от резбата - зазрихованата част, показана на фиг.1.6.2а.

Болтът и гайката с различни по големина и знак отклонения на стъпката се завинтват само при наличие на разлика f_p между средните диаметри. Разликата f_p се получава или за сметка на намаляване на средния диаметър на болта d_2 или за сметка на увеличаване на средния диаметър на гайката D_2 и се нарича диаметрална компенсация на средния диаметър, предизвикана от отклонението на стъпката. Завинтването на такава резба при действителна дължина на завинтването l_e номинална дължина на завинтването $l=nP$ е показано на фиг. 1.6.2б, където натрупаната грешка на стъпката ΔP_n е:

$$\begin{aligned}\Delta P_n &= l_e - l \\ \Delta P_n &= l_e - nP\end{aligned}, 1.6.4 \text{ и } 1.6.5$$

където n е целият брой навивки в зависимост от височината на гайката H_Γ

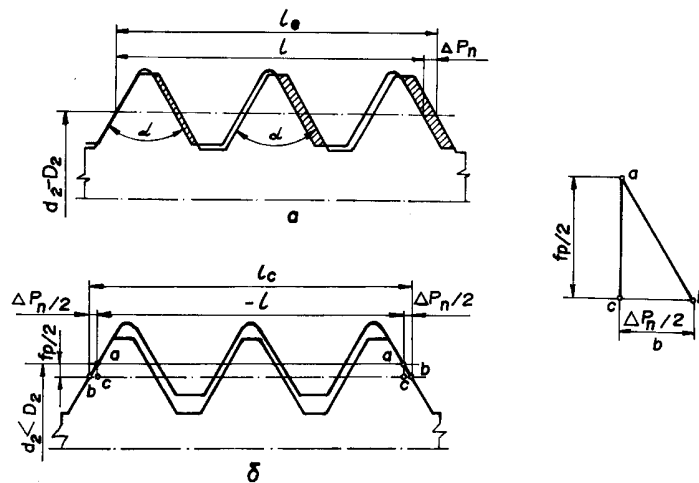
$$n = \frac{H_\Gamma}{P}, 1.6.6$$

От Давс /фиг. 1.6.2б/ се определя

$$\begin{aligned}\frac{f_p}{2} &= \frac{\Delta P_n}{2} \cot g \frac{\alpha}{2} \\ f_p &= \Delta P_n \cot g \frac{\alpha}{2}\end{aligned}, 1.6.7 \text{ и } 1.6.8$$

За различните типове резби диаметралните компенсации са:

- за метрична резба



Фиг. 1.6.2. Влияние на натрупаната грешка на стъпката върху средния диаметър на резбата

$$f_p = \Delta P_n \cot g \frac{60}{2} = 1.732 \Delta P_n$$

– за *тръбна* *резба*

$$f_p = \Delta P_n \cot g \frac{55}{2} = 1.921 \Delta P_n \quad , 1.6.9 \text{ и } 1.6.10$$

– за *трапецовидна* *резба*

$$f_p = \Delta P_n \cot g \frac{30}{2} = 13.732 \Delta P$$

б/ Влияние на отклонението на половината от ъгъла на профила върху взаимозаменяемостта на резбовото съединение. При нарязване на резбата поради отклонение на профила на резбонарязващия инструмент неточното положение на ножа спрямо обработваната повърхнина и други се получават отклонения на половината от ъгъла $\alpha/2$ на профила. Това отклонение се определя като разлика между действителната /измерената/ стойност $\alpha/2$ / е и номиналната стойност $\alpha/2$ на половината ъгъл.

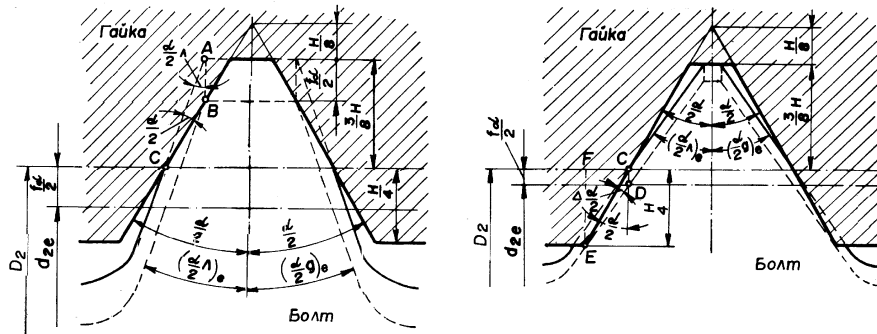
$$\frac{\Delta \alpha}{2} = \left(\frac{\alpha}{2} \right) e - \frac{\alpha}{2} \quad , 1.6.11$$

При симетричен профил на резбата се определя като средноаритметична от абсолютните стойности на отклоненията на лявата и дясната половина на ъгъла на профила, т.е.

$$\frac{\Delta \alpha}{2} = \frac{\left(\frac{\Delta \alpha}{2} \right) L + \left(\frac{\Delta \alpha}{2} \right) L}{2} \quad , 1.6.12$$

На фиг. 1.6.3 е показана резбата на гайка 1 с номинален профил и профилът на резбата на болта 2, който има отклонение на половината от ъгъла на резбата на профила, като $(\Delta \alpha/2)L = (\Delta \alpha/2)d > 0$. При средни равни диаметри на болта и гайката $d_2 = D_2$ гайката и болта не могат да се навиват, без да се разруши част от резбата -

защрихованата част показана на фиг.1.63а. Завиването се осъществява само при диаметрална компенсация, т.е. при намаляване на средния диаметър на болта или увеличаване на средния диаметър на гайката с величина f_a /фиг. 1.6.3б/. Големината на f_a се определя от триъгълника авс /фиг. 1.6.3а и б/ откъдето при прието $H_1 = H_1$ и прилагане на синусовата теорема чрез редица опростявания и преобразования се получа изразът на изчисляване на диаметралната компенсация на средния диаметър, предизвикана от отклоненията на половините ъгли на профила:



фиг.1.6.3.Влияние на грешките на $\frac{1}{2}$ ъгъл на профила върху средния диаметър на резбата

за метрична резба :

$$f_a = 0.36P\Delta \frac{\alpha}{2}$$

за тръбна резба

$$f_a = 0.35p\Delta \frac{\alpha}{2} \quad , 1.6.13, 1.6.14 \text{ и } 1.6.15$$

за трапецовидна резба

$$f_a = 0.582P\Delta \frac{\alpha}{2}$$

Където α се замества в min, P - в mm, а f се получава в μm . Стойностите на диаметралната компенсация, предизвикана от отклонение на половината ъгъл на профила на гайката f_a се изчислява по същите формули.

в/ Влияние на отклоненията на средния диаметър върху взаимозаменяемостта на резбовото съединение. Отклоненията на средните диаметри на болта Δd_2 и на гайката ΔD_2 се определят като разлика между измерената и номиналната стойност на средния диаметър;

$$\Delta d_2 = d_{2e} - d_2 \quad , 1.6.16 \quad 1.6.17$$

$$\Delta D_2 = D_{2e} - D_2$$

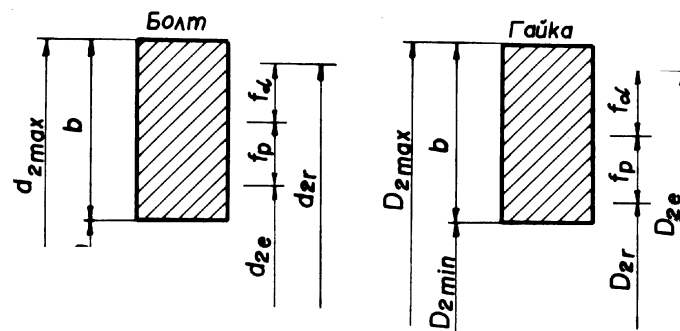
Отклоненията на средния диаметър могат да предизвикат стегнатост /невъзможност за завинтване/ или голяма хлабина, която намалява площта за допиране на болта и гайката и може да доведе до разрушаване на съединението.

Контролирането на резбата чрез измерване на средния диаметър, стъпката и ъгъла на профила е сложно, поради което се прилага само за резбови съединения с високи изисквания по отношение на точността.

Обикновено резбата на болтовете и гайките се контролира чрез резбови калибри, при които контролът на размерите на средния диаметър, стъпката и половината от ъгъла се извършва едновременно чрез допуск на средния диаметър. За тази цел за средния диаметър се определя сумарен допуск b , който включва както отклонението на средния диаметър, така и диаметралните компенсации от отклонението на стъпката и половината от ъгъла на профила.

За да се осигури завинтването и сигурността на резбовото съединение, е необходимо да се изпълнят следните условия /фиг.1.6.4/

$$d_{2e} \geq d_2 \min, \quad 1.6.18$$



фиг. 1.6.4. Редуцирани средни диаметри на болт и гайка

$D_{2e} - (f_p + f_a) \leq D_{2\min}$ Действителния диаметър на гайката, намалена с диаметралната компенсация от отклоненията на стъпката и половината на ъгъла, да не е по-малка от минималната стойност на дредния диаметър.

Коригираните действителни средни диаметри се наричат редуцирани средни диаметри d_{2r} , D_{2r} , т.е.

$$\begin{aligned} d_{2r} &= d_{2e} + f_p + f_a \\ D_{2r} &= D_{2e} - (f_p + f_a) \end{aligned} \quad 1.6.20$$

1.6.3 Допуски и сглобки на резбови цилиндрични съединения с метрична резба.

Основния монтажен параметър на метричната резба е средния диаметър, тъй като той определя взаимното разположение на профилите на гайката и винта. Допуските на вътрешния и външния диаметър са така разположени, че по тези параметри при всички сглобки е гарантирана хлабина. Поради тези обстоятелства точността и характерът на сглобката на резбовото съединение се свързват със средния диаметър.

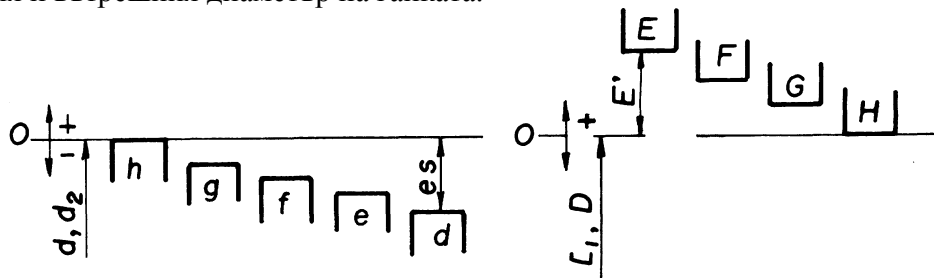
За метричната резба в БДС са регламентирани подвижни сглобки, сглобки с гарантирана стегнатост и преходни сглобки.

Подвижни сглобки. Регламентирани са от БДС 8933-79, който обхваща диаметрите от 1 до 600 mm. Предвидена е свободно-плъзгаща сглобка, за скрепителни резби, и няколко подвижни сглобки с гарантирана хлабина.

Разположението на допусковите полета на параметрите на резбата / d_1 и d_2) - на винта и D и D_2 - за гайката, се определя от пет основни отклонения h, g, f, e и d - за винта и четири основни отклонения E, F, G и H - за гайката /фиг. 1.6.5/. Тези основни отклонения за дадена стъпка не зависят от диаметъра на резбата и са съответно еднакви за средния и външния диаметър на винта и за средния и вътрешния диаметър на гайката.

Основните отклонения на диаметрите на болта – d, d_2 на диаметрите на гайката D, D_2 и степените на точност са дадени в таблица 1.6.1.

Отклоненията се отчитат от номиналния профил на резбата в направление, перпендикулярно на оста. Основните отклонения /горно за външна резба и долно E_1 за вътрешна/ за дадена стъпка не зависят от диаметъра на резбата и както се вижда от табл. 1.6.1 са еднакви за средния и външния диаметър на болта и за средния и вътрешния диаметър на гайката.



Фиг. 1.6.5. Основни отклонения на диаметрите на болта /а/ и на гайката /б/

Таблица 1.6.1

Вид на резбата	Диаметър на резбата	Степени на точност	Основни отклонения
Външна резба	d	4, 6, 8	d_e, f, g, h
	d_2	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	d_e, f, g, h
Вътрешна резба	D	4. 5. 6. 7. 8. 9*	E, F, G, H
	D_2	4. 5. 6. 7. 8	E, F, G, H

* Само за резба на пластмасови детайли

Горното отклонение на вътрешния диаметър d на болта $es(d_1)$ трябва да е равно на основното отклонение на средния диаметър $es/d_2/$, т.е. $es/d_1 = es/d_2/$.

Долното отклонение на външния диаметър EI на гайката трябва да е равно на основното отклонение на средния диаметър $EI/D_2/$, т.е. $EI/D = EI/D_2/$. Долното отклонение на d_1 и горното на D не се предписват.

Допускът на средния диаметър d_2, D_2 е сумарен и включва отклонението на средния диаметър на резбата и диаметралните компенсации на отклоненията на стъпката и половината от ъгъла на профила.

Върху взаимозаменяемостта на резбовото съединение влияе дължината на завинтване. В зависимост от нея резбите се разделят на три групи: с малка дължина S , с нормална дължина N , с голяма дължина L .

Стойностите на дължините в групите зависят от диаметъра и стъпката на резбата и са дадени в БДС 8933-79.

Дължината на завинтването определя и необходимата степен на точност. Допусковите полета са разпределени в три класа: точен, среден и груб.

Означението на допусковите полета на диаметъра на резбата се състои от цифра, определяща степента на точност и буква, определяща основното отклонение. Например $4h, 6g, 6H$. В чертежите $M24 - 7g\ 6g - 30$ е означение на външната метрична резба /болт/ с номинален външен диаметър $d=24\text{ mm}$, с допусково поле на средния диаметър $7g$ и допусково поле на външния диаметър $6g$ и 30 mm дължина на завинтване, към която се отнася допускът, се отбелязва с условно означаване на резбата само за резби от група L $M24 - 4H5H$ е означение на вътрешна метрична резба /гайка/ с номинален външен диаметър $D=24$ с допусково поле на средния диаметър $4H$ и допусково поле на вътрешния диаметър $5H$. Когато допусковите полета на средния и външния диаметър на болта или на средния и вътрешния диаметър на гайката са еднакви, означенията им не се повтарят. Например $M24 - 7g$, $M24 - 7H$. Сглобките се означават както при гладките цилиндрични съединения. Например $M24\ 6H/6$ е означението на метрична резба на която допусковото поле на гайката е $6H$, а на болта – $6g$.

б. Преходни сглобки. Преходните сглобки се определят от БДС 14639-78. Резбовите съединения с преходни сглобки са предназначени за външни резби /завинтващият се край на шпилка/ на детайли от стомана съединявани с вътрешни резби в детайли от стомана, чугун, алуминиеви и магнезиеви сплави, с използване на допълнителен елемент на заклиняване.

Допускът на средния диаметър на резбата d_2, D_2 е сумарен.

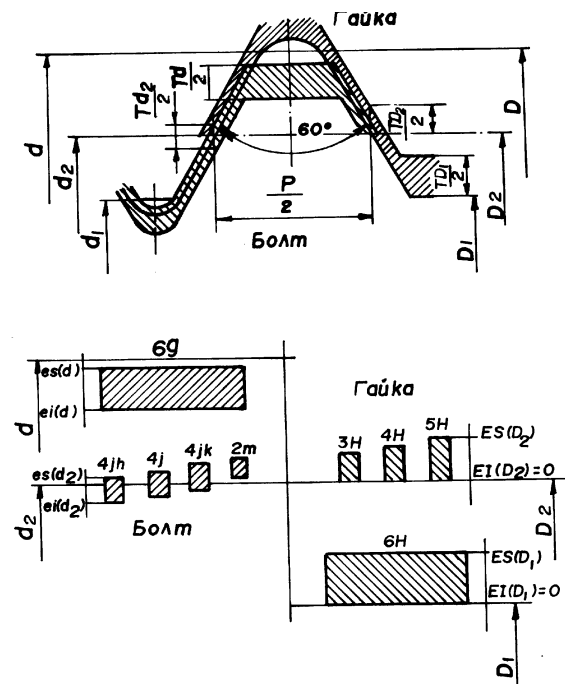
Положението на допусковите полета за външна и вътрешна резба е показано на фиг. 1.6.6.

Горното отклонение на вътрешния диаметър на външна резба $es(d_1)=es(d_2)$, а долното отклонение не се установява.

Горното отклонение на външния диаметър на вътрешна резба $ES(D)$ също не се установява.

Означението на допусковите полета и сглобките е както при сглобките с хлабина - $M24 \frac{4H6H}{4j}$. Допусковото поле на външния диаметър на външна резба $/d/$ не се означава, тъй като винаги е $6g$.

в. Сглобки със стегнатост /пресови сглобки/. Пресовите сглобки при метричната резба осигуряват гарантирана стегнатост по средния диаметър на резбата и се предписват най-место при сглобяване на резбови шпилки в корпусни детайли на машините. Стегнатостта в резбовото съединение предизвиква сили на триене, които не позволяват на шпилката да се превърта при затягане или освобождаване на гайката, а също така да не се само освобождава при работа в условия на променливи натоварвания, трептения и повишени температури /без прилагането на специални осигурителни средства срещу само отвинтване/.



Фиг. 1.6.6. Схема на разположението на препоръчителните допускови полета на диаметрите на метрична резба при преходни сглобки

Резбовите пресови сглобки са регламентирани от БДС 1590-78, който обхваща метричните резби с диаметри от 5 до 45 mm стъпки от 0,8 до 3 mm. Тези резби са за сглобяване на стоманени шпилки в корпусни детайли от стомана и титанови сплави / $l = 1d$ до $1.25 d$ / , чугун / $l = 1.25d$ до $1.5d$ / , алуминиеви и магнезиеви сплави / $l = 1.5d$ до $2d$ / .

В стандарта са предвидени основни отклонения и степени на точност на параметрите на външната и вътрешната резба, съгласно таблица 1.6.2.

Както се вижда от таблицата, сглобяването може да става само в системата основен отвор.

Числените стойности на основните отклонения e , s , n , p , g , D , и C са изчислени по имперични формули, а допуските на средния диаметър, които са сумарни, са определени като част от допускателния средния диаметър за 6-та степен на точност при подвижните сглобки:

$$\begin{aligned} T(d_2)(2) &= 0.4Td_2(6) \\ T(D_2)(2) &= 0.53TD_2(6) \end{aligned} \quad , 1.6.21 \quad 1.6.22$$

В тези уравнения в малките скоби са дадени степените на точност.

Допуските на същите параметри за 3-та степен са по БДС 8933-79.

В БДС 1590-78 са дадени препоръки за комбиниране на съответните допускови полета в сглобки в зависимост от материала на сглобяваните детайли.

Таблица 1.6.2

Резба	Параметри	Основни отклонения при стъпка P, mm		Степен на точност
		до 1.25	над 1.25	
външна	d	e	s	6
	d ₂			2; 3
вътрешна	D	H		-
	D ₂	H		2
	D ₁	D	C	4; 5

Означаването на сглобките със стегнатост в чертежите се прави по БДС 8933-79. като допълнително в скоби се посочва броят на сортировъчните групи. Освен това допусковото поле на външния диаметър на шпилката в условното означение не се

дава. Например означението M20 x 2,5 - 2H5 D /2/ /3p/2/ се разшифрова така; 2H е допусковото поле на D_1 5 е допусковото поле на d_2 и 3p - на D_2 ;като гнездото така и шпилката се сортират по средния диаметър на две групи.