

Практическое занятие 6. Выбор и расчет посадок метрической резьбы

Цель: приобретение навыков по выбору и расчету посадок резьбовых соединений.

Задачи: изучить основные характеристики резьбы, нормируемые параметры, области применения резьбовых соединений с зазором, переходных и натягом;

Определить предельные отклонения диаметров резьбы и предельные размеры диаметров для наружной (болт) и внутренней резьбы.

Виды и основные параметры резьбы.

Резьбовые соединения широко используются в конструкциях различных машин. Резьбовая поверхность образуется при винтовом перемещении плоского контура определенной формы по цилиндрической или конической поверхности. В результате такого перемещения получается цилиндрическая или коническая резьба. Резьба может быть получена как на наружных, так и на внутренних поверхностях.

Резьбы классифицируют по следующим признакам:

- по *эксплуатационному назначению* (по области применения): резьба общего и специального назначения;
- по *профилю поперечного сечения*: треугольная, трапецеидальная, прямоугольная, круглая, упорная;
- по *общей форме резьбовой поверхности*: цилиндрическая, коническая;
- по *числу заходов*: одно-, двух-, трех- и многозаходная;
- по *направлению витков*: правая (завинчивается по часовой стрелке) и левая (завинчивается против часовой стрелки);
- в *зависимости от используемых единиц измерения*: метрическая, дюймовая.

К резьбе общего назначения относятся:

- *крепежные* (метрическая, дюймовая) — используется для обеспечения разъемных соединений, главное требование к которым — обеспечить прочность соединения и сохранить плотность стыка в процессе эксплуатации;
- *кинематические* (трапецеидальная и прямоугольная). Такие резьбы ис-

пользуются на ходовых винтах станков, измерительных приборов, домкратах, прессах и т. п. Они предназначены для передачи движения и усилий. Прямоугольные резьбы имеют наименьшие потери на трение, но не стандартизованы и не рекомендуются к применению из-за нетехнологичности изготовления. Упорные резьбы предназначены для восприятия односторонних больших нагрузок и служат для преобразования вращательного движения в прямолинейное в домкратах, прессах. Основное требование к той резьбе – обеспечение точного и плавного перемещения, способность выдерживать большие нагрузки.

- *трубная и арматурная* – цилиндрические и конические, используемые для соединения труб в нефтеперерабатывающей промышленности, сантехническом оборудовании и т.д. Основное требование к этой резьбе – обеспечение герметичности и прочности соединения.

Общим требованием для всей резьбы является обеспечение «свинчиваемости» независимо изготовленных деталей без пригонки и надежное выполнение заданных функций.

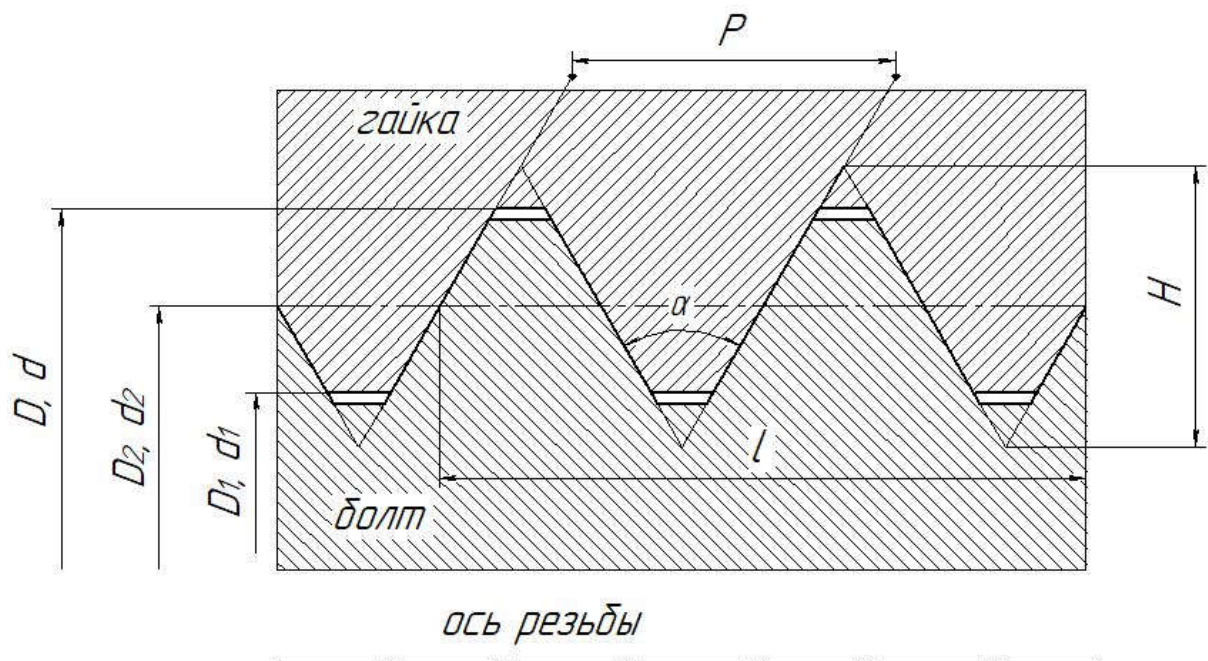


Рисунок 6.1 – Параметры резьбового соединения

Из всего многообразия резьбовых соединений мы рассмотрим крепежные цилиндрические метрические резьбы. Номинальные размеры параметров резьбы общие как для наружной (болта), так и для внутренней (гайки) резьбы. Основные

параметры цилиндрической резьбы (ГОСТ 11708–82 [4]) следующие (рисунок 6.1):

- наружный диаметр (d, D);
- средний диаметр (d_2, D_2);
- внутренний диаметр (d_1, D_1);
- шаг резьбы (P);
- угол профиля резьбы (α);
- высота исходного треугольника (H);
- угол подъема (ψ);
- длина свинчивания (l).

Допуски и посадки метрической резьбы

В зависимости от эксплуатационных требований к степени подвижности резьбовых соединений стандартами установлены классы допусков, образующие посадки трех групп: с зазором (ГОСТ 16093–2004 [6]), переходные (ГОСТ 24834–81 [17]) и с натягом (ГОСТ 4608–81 [32]).

Наружная резьба (болт) нормируется по среднему и наружному диаметрам (d_2 и d), внутренняя резьба (гайка) – по среднему и внутреннему диаметрам (D_2 и D_1). Допуски этих диаметров резьбы устанавливаются по степеням точности, которые обозначаются цифрами. Степени точности диаметров резьбы приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Степени точности диаметров резьбы [6]

Вид резьбы	Диаметр резьбы	Степень точности
Наружная	d_2	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10*
	d	4, 6, 8
Внутренняя	D_2	4, 5, 6, 7, 8, 9*
	D_1	4, 5, 6, 7, 8

* Только для резьбы на деталях из пластмасс.

Допуски диаметров d_1 и D не устанавливаются.

Положение интервала допуска диаметра резьбы определяется основным отклонением: верхним (es) для наружной резьбы и нижним (EI) для внутренней. Основные отклонения обозначаются буквами латинского алфавита: строчными для

наружной резьбы и прописными для внутренней. Основные отклонения диаметров резьбы для посадок с зазором приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Основные отклонения диаметров резьбы для посадок с зазором [6]

Вид резьбы	Диаметр резьбы	Основное отклонение
Наружная	d_2	d, e, f, g, h
	d	d, e, f, g, h
Внутренняя	D_2	E, F, G, H
	D_1	E, F, G, H

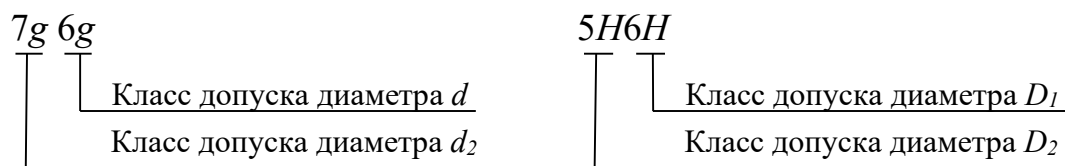
Длины свинчивания резьбы подразделяются на три группы: короткие (S), нормальные (N) и длинные (L) [6].

Класс допуска отдельного диаметра резьбы образуется сочетанием степени точности и основного отклонения. Класс допуска резьбы образуется сочетанием класса допуска среднего диаметра (d_2, D_2) с классом допуска диаметра выступов (диаметров d и D_1).

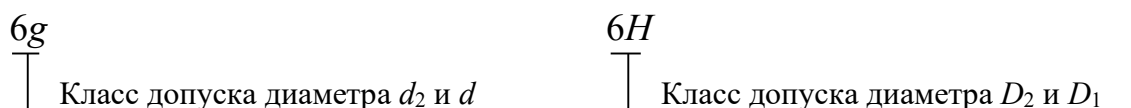
Обозначение класса допуска отдельного диаметра резьбы состоит из цифры, обозначающей степень точности, и буквы, обозначающей основное отклонение. Например:

$4h; 6g; 6H$.

Обозначение класса допуска резьбы состоит из обозначения класса допуска среднего диаметра, помещенного на первом месте, и обозначения класса допуска диаметра выступов. Например:



Если обозначение класса допуска диаметра выступов совпадает с обозначением класса допуска среднего диаметра, то оно в обозначении класса допуска резьбы не повторяется. Например:



В условном обозначении резьбы обозначение класса допуска должно следовать за обозначением размера резьбы.

Примеры обозначения резьбы

- **с крупным шагом:**

M12 – 6g (наружная резьба);

M12 – 6H (внутренняя резьба);

- **с мелким шагом:**

M12 × 1 – 6g7g (наружная резьба);

M12 × 1 – 4H5H (внутренняя резьба);

- **левой резьбы:**

M12 × 1 – 6g – LH (наружная резьба);

M12 × 1 – 6H – LH (внутренняя резьба).

- **многозаходной резьбы:**

M16 × Ph3P1,5 – 6g (наружная резьба).

В соответствии со сложившейся во многих странах практикой классы допусков сгруппированы в три класса точности: точный (для прецизионной резьбы, когда необходимо малое колебание характера посадки), средний (для общего применения) и грубый (для случаев, когда могут возникнуть производственные трудности, например, при нарезании резьбы на горячекатаных стержнях или в длинных глухих отверстиях).

Длина свинчивания (N) в условном обозначении резьбы не указывается.

Длина свинчивания, к которой относится допуск резьбы, должна быть указана в миллиметрах в обозначении резьбы в следующих случаях [6]:

1) если она относится к группе N ;

2) если она относится к группе S , но меньше, чем вся длина резьбы.

Пример обозначения резьбы с длиной свинчивания, отличающейся от нормальной:

M12 – 7g6g – L(30).

Посадка в резьбовом соединении обозначается дробью, в числителе которой указывают обозначение класса допуска внутренней резьбы, а в знаменателе – обозначение класса допуска наружной резьбы. Например:

$$M12 - \frac{6H}{6g};$$

$$M12 \times 1 - \frac{4H5H}{7g6g};$$

$$M12 \times 1 - \frac{6H}{6g} - LH.$$

На рисунках 6.2 и 6.3 представлены схемы положения интервалов допусков наружной и внутренней резьбы соответственно.

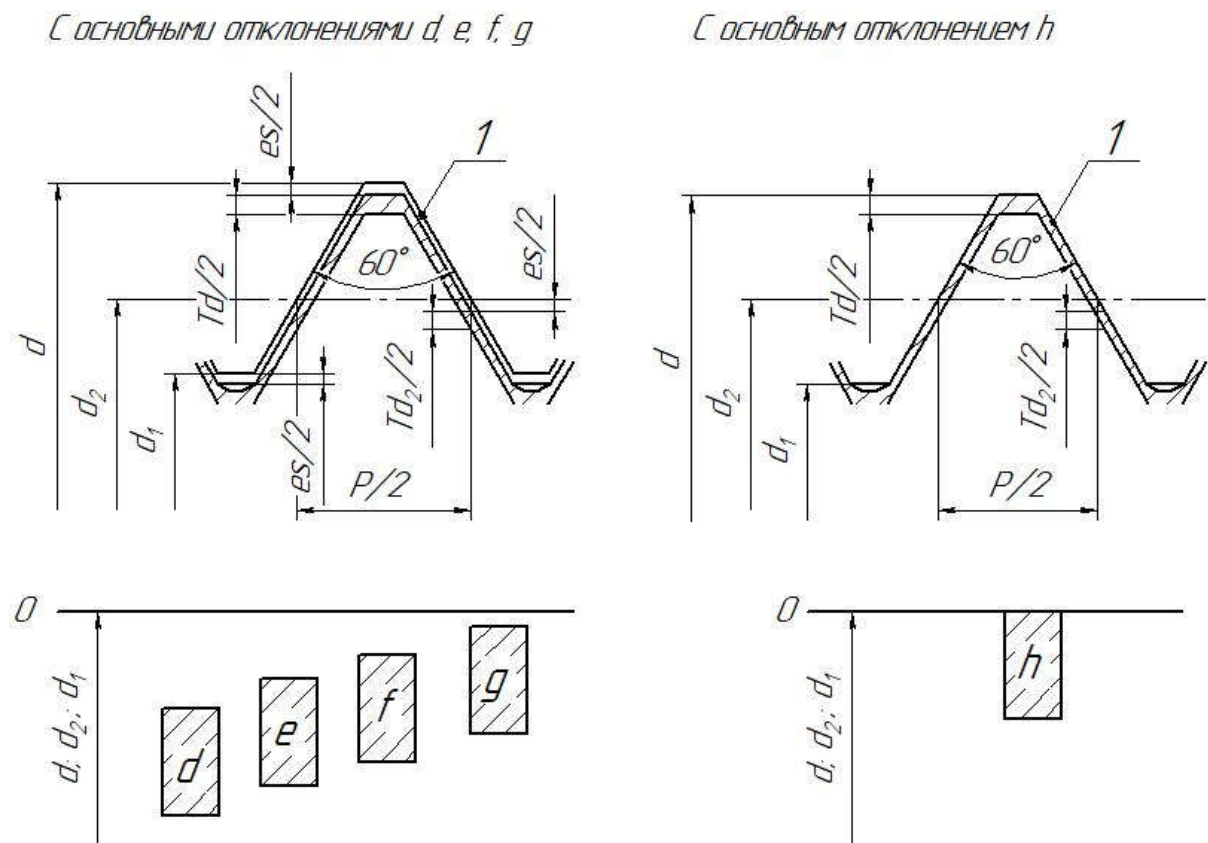


Рисунок 6.2 – Схема положения интервалов допусков наружной резьбы по [6]:
1-основной профиль

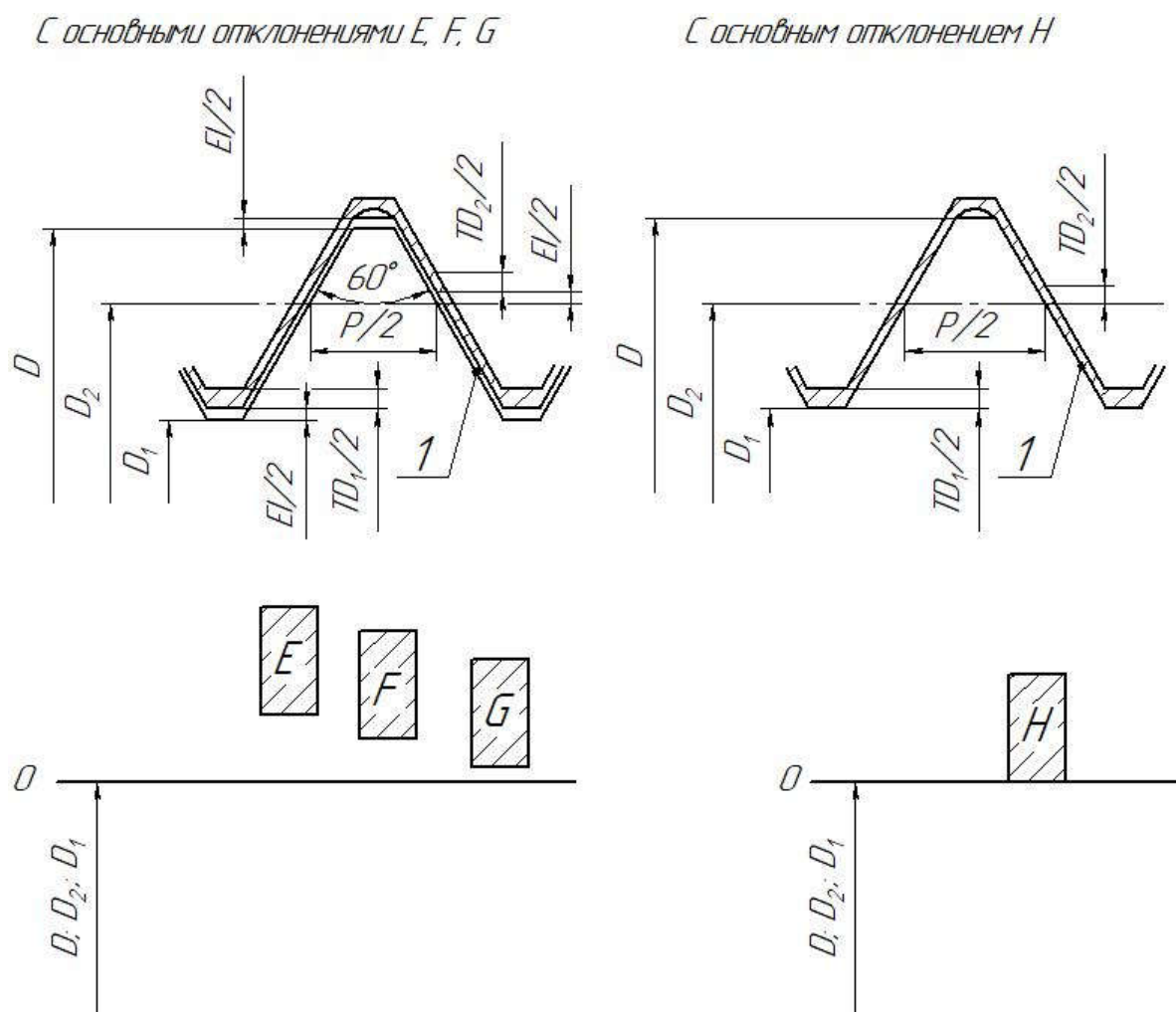


Рисунок 6.3 – Схема положения интервалов допусков внутренней резьбы по [6]:
1-основной профиль

Переходные посадки в резьбовых соединениях применяются, если необходимо обеспечить их неподвижность в процессе работы без создания большого натяга и предназначены для наружной резьбы (резьба на ввинчиваемом конце шпильки), а также при одновременном заклинивании резьбы.

Для переходных посадок предусмотрены классы допусков:

- на средний диаметр наружной резьбы (d_2) – 4jh; 4jk; 4j; 2m;
- на средний диаметр внутренней резьбы (D_2) – 3H; 4H; 5H;
- на внутренний диаметр внутренней резьбы (D_1) – 6H;
- на наружный диаметр наружной резьбы (d) – 6g (в обозначении не указывается).

Расположение интервалов допусков наружной и внутренней резьбы представлено на рисунке 6.4.

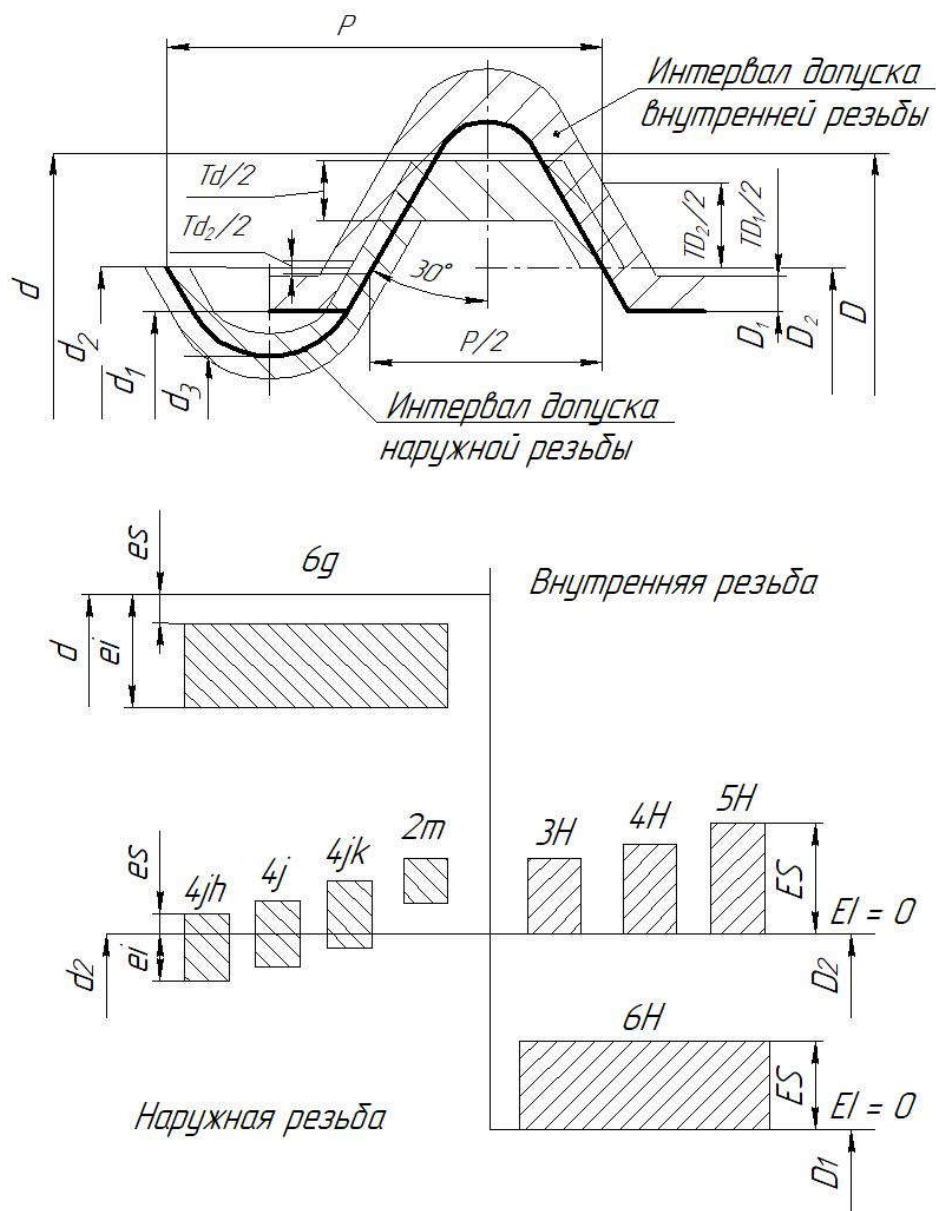


Рисунок 6.4 – Схема положения интервалов допусков наружной и внутренней резьбы для переходной посадки по [17]

Посадки с натягом в резьбовых соединениях применяются, когда необходимо устранить возможность самоотвинчивания без применения дополнительных элементов заклинивания (только за счет натяга), предназначены эти посадки для нагруженной резьбы (работающей в условиях вибрации, температуры и т.п.).

Для посадки с натягом предусмотрены классы допусков:

- на средний диаметр наружной резьбы (d_2) – $3n$, $3p$, $2r$;
- на средний диаметр внутренней резьбы (D_2) – $2H$;
- на наружный диаметр наружной резьбы (d) – $6e$, $6c$;
- на внутренний диаметр внутренней резьбы (D_1) – $4D$, $5D$, $4C$, $5C$.

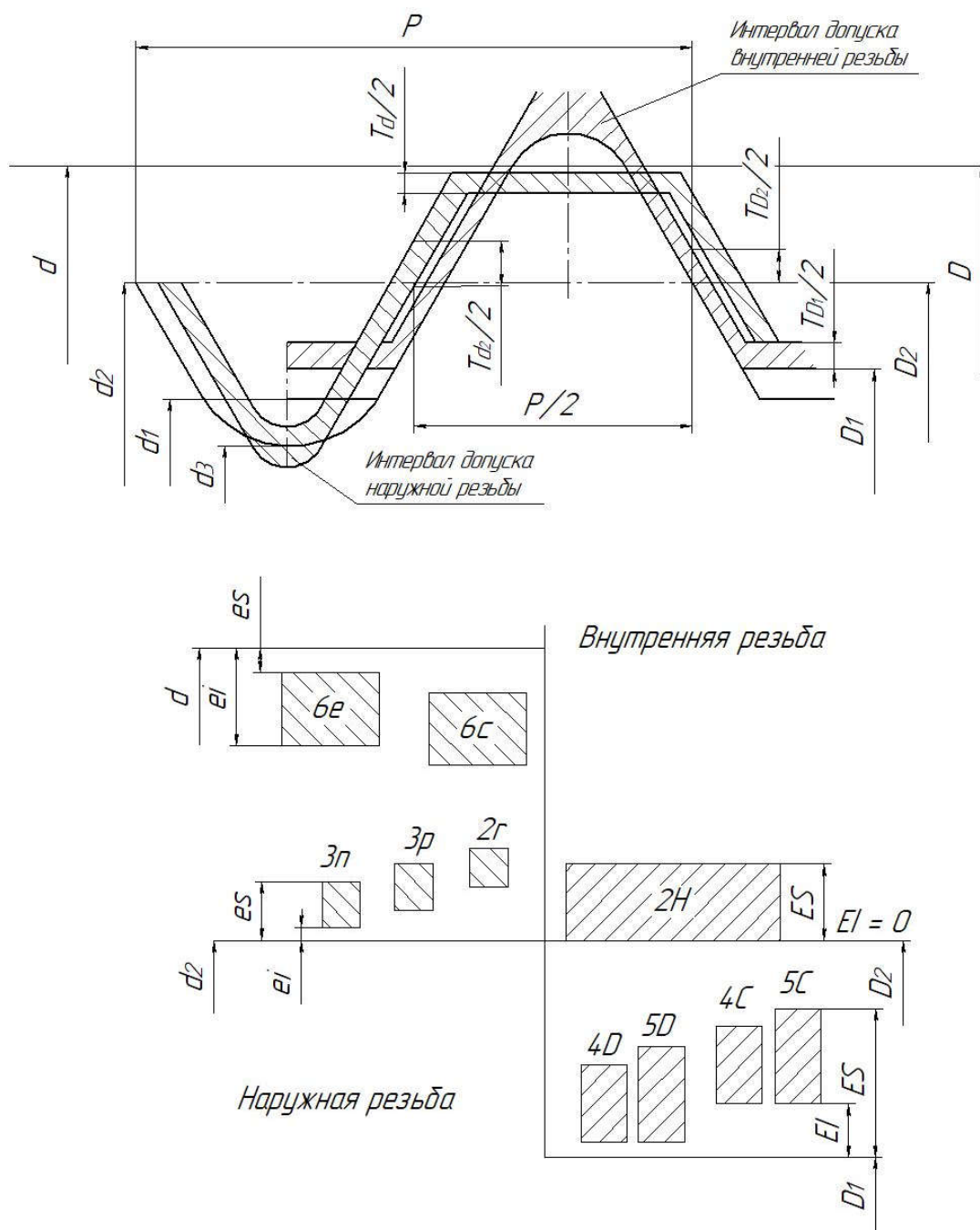


Рисунок 6.5 – Расположение интервалов допусков наружной и внутренней резьбы для посадки с натягом по [32]

Незначительное увеличение натяга в резьбовом соединении может вызвать быстрый рост напряжений и появление пластических деформаций. Поэтому возникает необходимость проведения селективной сборки с сортировкой резьбовых деталей на две или три размерные группы (рисунок 6.6).

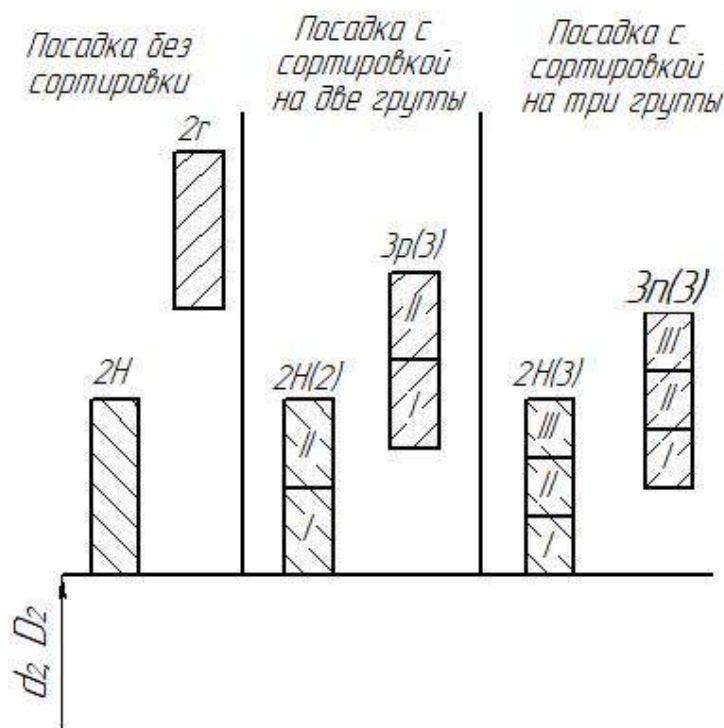


Рисунок 6.6 – Схемы интервалов допусков среднего диаметра для посадок с натягом:
I, II, III – номера сортировочных групп [32]

При обозначении посадок с натягом резьбовых соединений в скобках указывается число сортировочных групп по среднему диаметру. Например:

$$M12 - \frac{2H5C(2)}{3p(2)}$$

в скобках указано число сортировочных групп по среднему диаметру.

Класс допуска наружного диаметра наружной резьбы в обозначении не указывается.

Задания для самостоятельного выполнения

Для заданного резьбового соединения необходимо дать полную расшифровку обозначения. Определить предельные отклонения и предельные размеры наружного, среднего и внутреннего диаметров. Построить схемы расположения интервалов допусков на все диаметры резьбового соединения. Определить предельные зазоры/натяги по среднему диаметру.

Исходные данные представлены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Исходные данные к заданию

Предпоследняя цифра номера варианта	Обозначение резьбы	Последняя цифра номера варианта	Посадка
0	$M33 \times 2$	0	$\frac{8H}{7g6g}$
1	$M24 \times 1,5$	1	$\frac{4H5H}{5g6g}$
2	$M22 \times 2$	2	$\frac{6H}{6g}$
3	$M14$	3	$\frac{3H6H}{2m}$
4	$M36 \times 3$	4	$\frac{4H6H}{4j}$
5	$M42 \times 3$	5	$\frac{2H5D}{2r}$
6	$M12$	6	$\frac{2H5C(2)}{3p(2)}$
7	$M25 \times 2$	7	$\frac{2H4D(3)}{3n(3)}$
8	$M17 \times 1,5$	8	$\frac{2H5C}{2r}$
9	$M40 \times 3$	9	$\frac{5G}{7e6e}$

Пример выполнения задач.

Для заданного резьбового соединения $M24 \times 2 - \frac{4H6H}{4jh}$ необходимо дать полную расшифровку обозначения. Определить предельные отклонения и предельные размеры наружного, среднего и внутреннего диаметров. Построить схемы расположения интервалов допусков на все диаметры резьбового соединения. Определить предельные зазоры/натяги по среднему диаметру.

Решение.

Задана резьба метрическая, наружный диаметр $d = D = 24$ мм, шаг мелкий $P = 2$ мм.

Внутренняя резьба $M24 \times 2 - 4H6H$, средний диаметр внутренней резьбы имеет класс допуска $4H$, внутренний диаметр внутренней резьбы – $6H$.

Наружная резьба $M24 \times 2 - 4jh$, средний диаметр наружной резьбы имеет класс допуска $4jh$, наружный диаметр наружной резьбы – $6g$.

По приложению 12 или по ГОСТ 24705-2004 [15] определяем размеры среднего, наружного и внутреннего диаметров резьбы:

$$D = d = 24 \text{ мм},$$

$$D_2 = d_2 = 22,701 \text{ мм},$$

$$D_1 = d_1 = 21,835 \text{ мм}.$$

Определяем предельные отклонения и предельные размеры наружного, среднего и внутреннего диаметров. Предельные отклонения определяем по приложению 13.

	Предельные отклонения, мкм					
	наружного диаметра		среднего диаметра		внутреннего диаметра	
	es	ei	es	ei	es	ei
	ES	EI	ES	EI	ES	EI
Наружная резьба	-38	-318	+6	-100	+6	-
Внутренняя резьба	-	0	+140	0	+375	0

Предельные размеры наружного, среднего и внутреннего диаметров

	Предельные размеры, мм					
	наружного диаметра		среднего диаметра		внутреннего диаметра	
	d_{max}	d_{min}	d_{2max}	d_{2min}	d_{1max}	d_{1min}
	D_{max}	D_{min}	D_{2max}	D_{2min}	D_{1max}	D_{1min}
Наружная резьба	23,962	23,682	22,707	22,601	21,841	не нормируется
Внутренняя резьба	не нормируется	24	22,841	22,701	22,210	21,835

Определяем предельные зазоры/натяги по среднему диаметру.

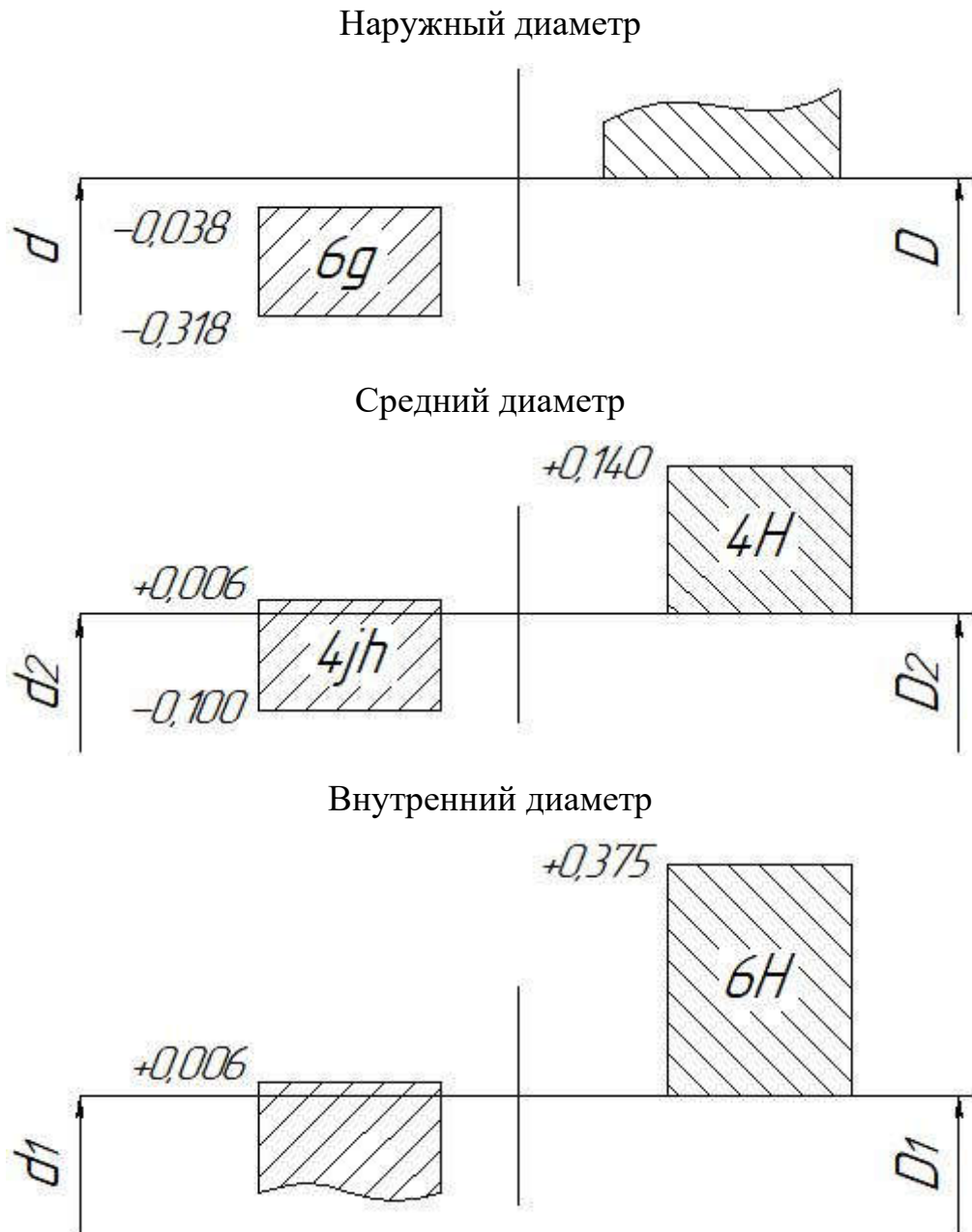
$$S_{\max} = D_{2\max} - d_{2\min},$$

$$S_{\max} = 22,841 - 22,601 = 0,24 \text{ мм},$$

$$N_{\max} = d_{2\max} - D_{2\min},$$

$$N_{\max} = 22,707 - 22,701 = 0,006 \text{ мм.}$$

Построим схемы расположения интервалов допусков на все диаметры резьбового соединения.



Контрольные вопросы для самоподготовки и защиты практической работы.

1. Перечислите основные параметры резьбы.
2. Классификация резьбовых соединений.
3. Резьбы общего назначения. Какие требования к ней предъявляют?
4. Какие посадки установлены для резьбовых соединений?
5. Какие диаметры нормируются для наружной и внутренней резьбы?

6. В соответствии с каким параметром устанавливаются допуски на нормируемые диаметры резьбы?

7. Чем определяется положение интервала допуска для наружной и внутренней резьбы?

8. Какие основные отклонения используются для получения резьбового соединения с зазором? натягом? переходной посадки?

9. Как образуется класс допуска наружной резьбы? внутренней резьбы?

10. Перечислите классы точности, применяемые для резьбы.

11. В каких случаях при обозначении резьбы указывается длина свинчивания?

12. Назначение переходных посадок в резьбовых соединениях.

13. Назначение посадок с натягом в резьбовых соединениях.

14. Особенности селективной сборки резьбовых соединений с натягом.

15. Расшифруйте обозначение резьбы:

$$M22 \times 2 - \frac{6H}{6g}$$

$$M36 \times 1,5 - \frac{2H5D(2)}{3p(2)}$$

$$M15 \times 1 - \frac{7H}{8g}$$

$$M20 \times 2 - \frac{2H4C(3)}{3n(3)}$$

$$M6 - \frac{6H}{6g} - LH$$

$$M27 \times 2 - \frac{3H6H}{2m}$$

$$M15 \times 1 - \frac{4H6H}{4jk}$$

$$M24 \times 1 - LH - \frac{3H6H}{2m}$$

$$M30 - \frac{2H5C}{2r}$$

$$M36 - LH - \frac{4H5H}{4h}$$