Лекция 13

5.5. Система допусков и посадок с зазором метрических резьб

Резьба должна сопрягаться только по сторонам резьбового профиля (исключение составляют паронепроницаемые резьбы), поэтому основным параметром, определяющим характер посадки резьбовой пары, является средний диаметр. Допуски на наружный и внутренний диаметры устанавливают таким образом, чтобы исключить возможность защемления по вершинам и впадинам резьбы.

В Российской Федерации (как и ранее в СССР) стандартизованы посадки с зазором (ГОСТ 16093-2004), переходные (ГОСТ 24834-2004) и с натягом (ГОСТ 4608-2004).

5.5.1. Разновидности систем допусков метрических резьб

В современном машиностроении предусмотрены различные разновидности метрических резьб. Эти разновидности касаются, прежде всего, отдельных элементов профиля резьб, закономерностей параметров их рядов, а также построения систем допусков и посадок.

Наиболее распространённой, универсальной является резьба с зазором для диапазона диаметров 1…600 мм, система допусков и посадок которой представлена в ГОСТ 16093-2004 «ОНВ. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором».

Основы этой системы допусков и посадок являются общими для всех разновидностей метрических резьб.

Вместе с тем в таких разновидностях резьб, к которым относятся резьбы с натягом, резьбы с переходными посадками, резьбы метрические для изделий из пластмасс, резьбы метрические для приборостроения, резьбы метрические конические, имеются и свои особенности, получившие своё отражение в соответствующих ГОСТах.

5.5.2. Степени точности и классы точности резьбы

Метрическая резьба полностью определяется пятью параметрами: средним, наружным и внутренним диаметрами, шагом и углом профиля резьбы.

Допуски нормируются только для двух параметров наружной резьбы – среднего и наружного диаметров и для двух параметров внутренней резьбы – среднего и внутреннего диаметров. Для этих параметров метрической резьбы установлены степени точности 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, применение которых показано в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Степени точности резьбы

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

*Только для резьб на деталях из пластмассы.

В соответствии с сложившейся практикой поля допусков болтов и гаек установлены в трех классах точности: точном, среднем и грубом. Понятие класса точности условное, оно используется для сравнительной оценки точности резьбовых деталей с различными полями допусков.

Приблизительные зависимости классов точности и степеней точности следующие:

- ✓ точный класс соответствует 3 – 5 степеням точности;
- ✓ средний класс – 5 – 7 степеням точности;
- ✓ грубый класс – 7 – 9 степеням точности.

При отнесении степеней точности к классу точности учитывают длину свинчивания. Установлены три группы длин свинчивания: *S* – короткие, *N* – нормальные и *L* – длинные.

Длины свинчивания более $2{,}24 \cdot Pd^{0,2}$ до $6{,}7Pd^{0,2}$ относятся к нормальной группе *N*; длина свинчивания меньше нормальной – к группе *S*, больше – к группе *L* (*P* и *d* – в мм).

Допуск резьбы, если нет особых оговорок, относится к наибольшей нормальной (*N*) длине свинчивания или ко всей длине резьбы, если она меньше наибольшей нормальной длины свинчивания. Длина свинчивания при необходимости должна быть оговорена в технических требованиях или указана в обозначении резьбы в следующих случаях:

✓ если она относится к группе *L* (длинные);

✓ если она относится к группе *S* (короткие), но меньше, чем вся длина резьбы;

✓ если она относится к группе *N* (нормальные), но меньше чем наибольшая нормальная длина свинчивания.

При одинаковом классе точности допуск среднего диаметра при длине свинчивания группы *L* рекомендуется увеличивать, а при длине свинчивания *S* – уменьшать на одну степень по сравнению с допусками, установленными для нормальной длины.

Поля допусков точного класса рекомендуется использовать для соединений, где требуется малое колебание зазоров в посадках, а также для ответственных статически нагруженных резьбовых деталей, поля допусков среднего класса – для резьб общего назначения и поля допусков грубого класса – при получении резьб на горячекатаных заготовках, в длинных глухих отверстиях и т. д.

Наибольшее распространение в машино- и приборостроении получили поля допусков среднего класса точности, при котором обеспечивается достаточная статическая и циклическая прочность резьбовых деталей. Поля допусков грубого класса можно использовать в тех случаях, когда нет необходимости в особой точности; точного – в ответственных соединениях для резьб, передающих расчетные перемещения (авиа- и автостроение) и т. п.

5.5.3. Допуски резьбы

Поля допусков назначаются на средний диаметр (Td_2, TD_2) и диаметр выступов резьбы (Td, TD_1) – наружный диаметр наружной резьбы d и внутренний диаметр внутренней резьбы D_1. Для внутреннего диаметра наружной резьбы d_1 устанавливаются только верхние предельные отклонения, а для наружного диаметра внутренней резьбы D – нижние. Вторые отклонения («в тело детали») не ограничиваются.

5.5.4. Допуск среднего диаметра резьбы

Для обеспечения требований взаимозаменяемости свинчиваемых изделий устанавливают предельные контуры резьбы болта и гайки. Номинальный контур метрической резьбы является наибольшим предельным контуром резьбы болта и наименьшим предельным контуром резьбы гайки (посадка с нулевым гарантированным зазором).

От номинального контура в направлении, перпендикулярном оси резьбы, отсчитываются отклонения диаметров и располагаются поля допусков, определяющие наименьший предельный контур болта и наибольший – гайки.

Свинчиваемость резьбовых деталей и требуемое качество соединения обеспечиваются, если действительные контуры болта и гайки не будут выходить за соответствующие предельные контуры на всей длине свинчивания.

Посадки резьбовых соединений (для резьб общего назначения и большинства специальных резьб) определяются в основном характером соединений по боковым сторонам профиля. Расположение полей допусков наружного и внутреннего диаметров исключает возможность получения натяга по вершинам и впадинам резьбы. Взаимное положение контактирующих боковых сторон профиля зависит от действительных значений или отклонений средних диаметров, шагов резьбы и углов наклона профиля.

Свинчивание резьбовых деталей, имеющих прогрессивные (зависящие от числа витков) и местные отклонения шага (ΔP) и отклонения угла профиля ($\Delta\alpha/2$), возможно, если положительная разность средних диаметров гайки и болта, полученная за счет уменьшения d_2 у болта или увеличения D_2 гайки, достаточна для компенсации таких отклонений.

Основным рядом допусков для всех диаметров принят ряд 6-й степени точности. Нормируемые суммарные допуски средних диаметров наружной резьбы для 6-й степени точности при нормальной длине свинчивания определяются по формуле: $Td_2(6) = 90 \times P^{0,4} \times d^{0,1}$ (мкм), где d – среднее геометрическое значение интервала номинальных наружных диаметров резьбы, мм; P – шаг резьбы, мм.

Допуски остальных степеней точности определяются умножением допуска 6-й степени точности на соответствующие коэффициенты (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Коэффициенты степеней точности резьбы

Степень точности	3	4	5	6	7	8	9	10
Коэффициенты	0,5	0,63	0,8	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5

Суммарный допуск средних диаметров внутренней резьбы увеличивают на 32%. $TD_2(6) = 1,32 \times Td_2(6)$.

5.5.5. Допуск наружного диаметра наружной резьбы

Нормируемые допуски наружного диаметра наружной резьбы для 6-й степени точности определяются по формуле: $Td(6) = 180 \cdot \sqrt[3]{P^2} - \frac{3,15}{\sqrt{P}}$ (*мкм*).

Допуски остальных степеней точности определяются аналогично допускам среднего диаметра по тем же коэффициентам.

5.5.6. Допуск внутреннего диаметра внутренней резьбы

$$TD_1(6) = 230 \times P^{0,7}, \text{ (мкм), (при } P \geq 1 \text{ мм)};$$

$$TD_1(6) = 433P - 190P^{1,22}, \text{ (мкм), (при } P < 1 \text{ мм)}.$$

Допуски на внутренний диаметр наружной резьбы d_1 и наружный диаметр внутренней резьбы D, не устанавливаются. Зазоры по впадинам резьбы получаются за счёт исполнительных размеров резьбонарезных инструментов. Поэтому возможность получения резьбовых изделий с недопустимо глубокими впадинами практически отсутствует. По мере износа резьбонарезных инструментов зазор во впадинах постоянно уменьшается.

5.5.7. Посадки с зазором метрических резьб

Наиболее распространена посадка с зазором, при которой номинальный средний диаметр равен наибольшему среднему диаметру резьбы гайки. Поэтому в этом пособии мы ограничились рассмотрением таких посадок.

Обозначение поля допуска состоит из цифры – степени точности – и буквы латинского алфавита – основного отклонения.

В соответствии с ГОСТ 16093-2004 для получения посадок с зазором предусмотрены 5 основных отклонений для наружной резьбы – *d, e, f, g, h* (рис. 5.5) и 4 – для внутренней резьбы – *E, F, G, H* (рис. 5.6).

Основные отклонения, определяющие положение полей допусков относительно номинального профиля, зависят только от шага резьбы (кроме *h* и *H*). Для резьбы с данным шагом одноименные основные отклонения для всех (наружного, среднего, внутреннего) диаметров равны (например, $g_d = g_{d2} = g_{d1}$).

Основные отклонения отсчитывают от номинального профиля резьбы в направлении, перпендикулярном оси резьбы «в тело». Это значит, что основным отклонением для наружной резьбы является верхнее отклонение *es*, а основным отклонением для внутренней резьбы является нижнее отклонение *EI*.

Установленная величина основного отклонения соблюдается единой по всему периметру профиля, распространяясь на диаметры d_2, d и D_2, D_1.

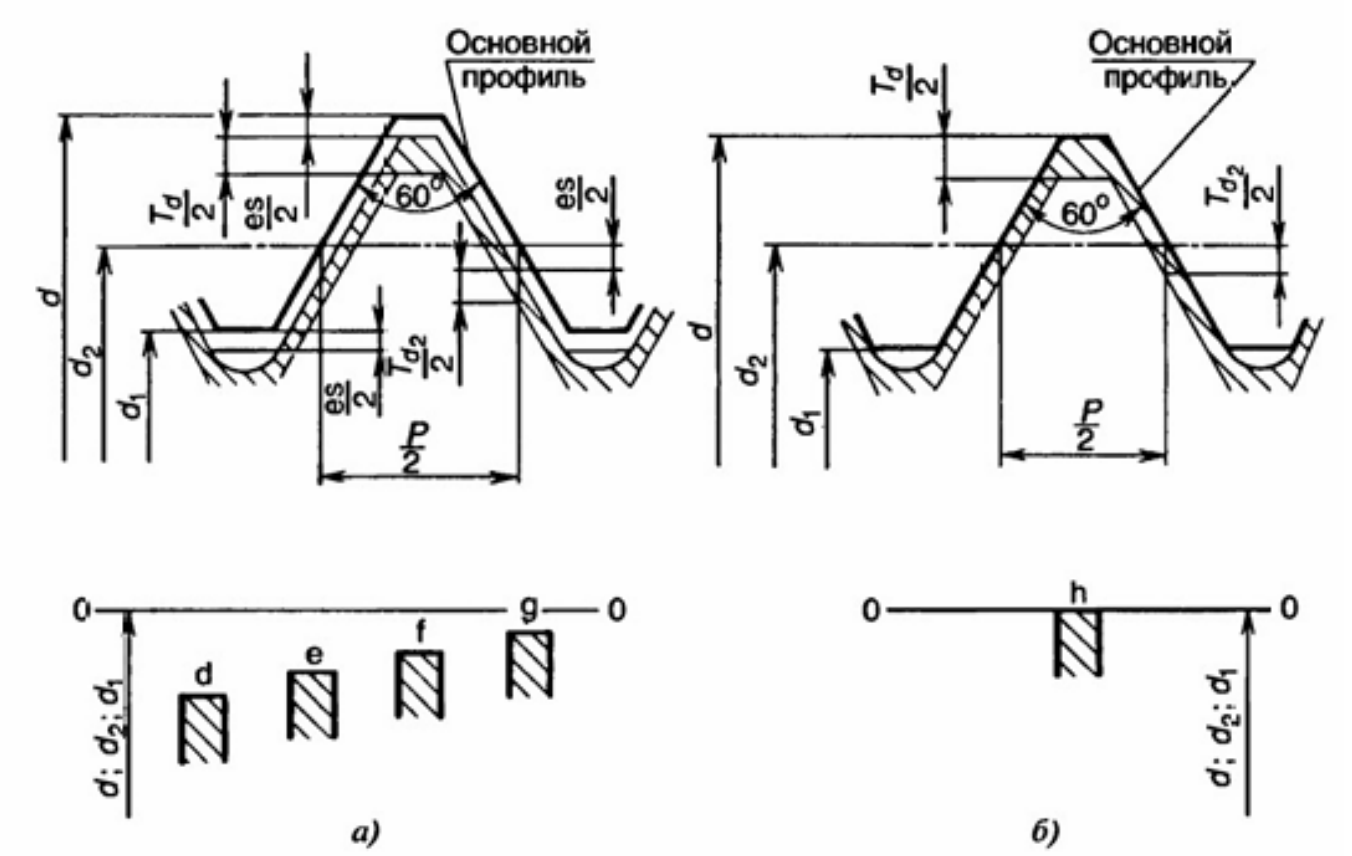


Рис. 5.5. Схемы расположения полей допусков и основных отклонений наружной резьбы

Второе предельное отклонение определяют по принятой степени точности резьбы.

Основные отклонения отсчитывают от номинального профиля резьбы в направлении, перпендикулярном оси резьбы «в тело». Это значит, что основным отклонением для наружной резьбы является верхнее отклонение *es*, а основным отклонением для внутренней резьбы является нижнее отклонение *EI*.

Установленная величина основного отклонения соблюдается единой по всему периметру профиля, распространяясь на диаметры d_2, d и D_2, D_1.

Второе предельное отклонение определяют по принятой степени точности резьбы.

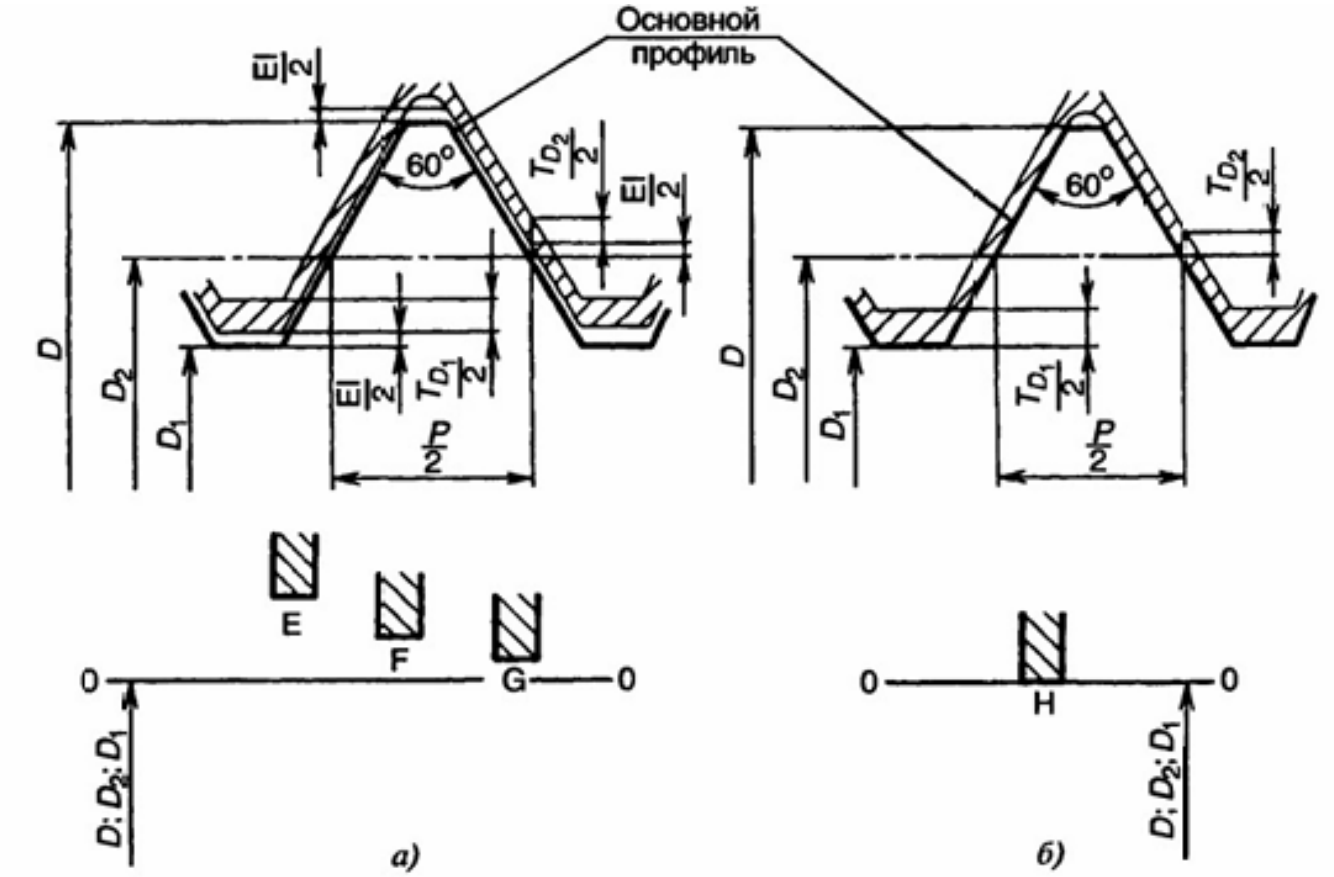


Рис. 5.6. Схемы расположения полей допусков и основных отклонений внутренней резьбы

Таблица 5.3

Поля допусков наружных и внутренних резьб

Класс точности	Длина свинчивания									
	S		*N*					*L*		
Поля допусков наружных резьб										
Точный	–	(3*h*4*h*)	–	–	–	4*g*	6*h*	–	–	(5*h*4*h*)
Средний	5*g*6*g*	(5*h*6*h*)	6*d*	6*e*	6*f*	**6*g***	6*h*	(7*e*6*e*)	–	(7*h*6*h*)
Грубый	–	–	–	–	–	8*g*	(8*h*)	–	(9*g*8*g*)	–
Поля допусков внутреннихх резьб										
Точный	–	4*H*	–	5*H*5*H*; 5*H*				–	6*H*	
Средний	(5*H*)	5*H*	6*G*	**6*H***				(7*G*)	7*H*	
Грубый	–	–	7*G*	7*H*				(8*G*)	8*H*	

Примечания:

1. Поля допусков, заключенные в скобки, по возможности применять не рекомендуется.
2. Поля допусков, заключенные в рамки, предпочтительные.

3. При длине свинчивания *S* и *L* допускается применять поля допусков, установленные для длины свинчивания *N*.
4. В обоснованных случаях допускается применять поля допусков резьбы, образованные иными сочетаниями полей допусков среднего диаметра и диаметров выступов резьбы, например: 4*h*6*h*; 8*h*6*h* или 5*H*6*H*.

Допускается использовать любые сочетания полей допусков наружной и внутренней резьбы, однако в первую очередь рекомендуется использовать предпочтительные поля допусков с основными отклонениями *H* – для внутренней резьбы и *g* – для наружной резьбы, обеспечивающие гарантированное получение зазоров (табл. 5.3).