

В посадках с фиксацией путем совмещения конструктивных элементов и по заданному осевому расстоянию между базовыми плоскостями (рис. 2.34, а и б) допуски конусов предпочтительно нормировать первым способом, поскольку в этих посадках величины зазоров или натягов зависят от предельных отклонений диаметров сопрягаемых конусов. В посадках с фиксацией по заданному осевому смещению или по заданному усилию запрессовки (см. рис. 2.34, в и г) допуски конусов предпочтительно нормировать вторым способом, так как в этих посадках величины зазоров или натягов определяются условиями сборки. На неравномерность зазоров или натягов и на длину контакта оказывают влияние только допуски угла и формы конуса, допуски диаметра влияют на базорасстояние соединения.

На рис. 2.35 представлены эскизы конического соединения, а также наружного и внутреннего конусов с допусками, проставленными по ГОСТ 2.320–82.

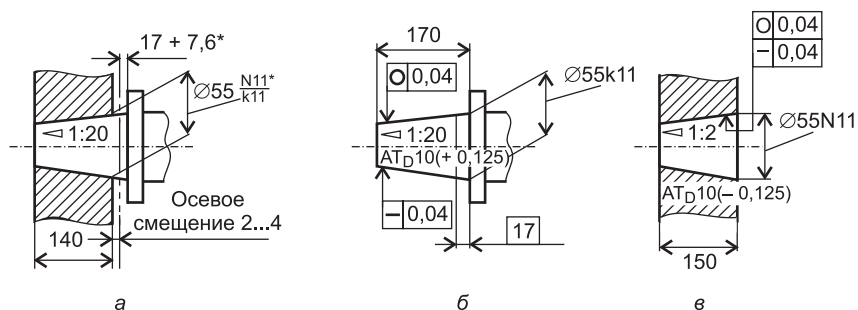


Рис. 2.35. Эскизы конического соединения (а), наружного (б) и внутреннего (в) конусов

Подробный расчет соотношения между допусками диаметра, угла и формы конуса, а также предельных базорасстояний конических соединений приведен в ГОСТ 25307–82 и в [10].

2.8. Взаимозаменяемость резьбовых соединений

Резьбовые соединения широко используются в конструкциях машин, аппаратов, приборов, инструментов и приспособлений различных отраслей промышленности.

Классификация резьб. По назначению резьбы разделяют на: 1) общие и 2) специальные. К резьбам *общего назначения* относятся резьбы, предназначенные для применения в любых отраслях промышленности, например резьбы крепежные для скрепления деталей и регулировочных устройств; резьбы для преобразования движений в различных винтовых механизмах; трубные и арматурные резьбы для плотного (герметичного) соединения изделий (труб, арматуры и т. д.). Резьбами *специального назначения* называют такие, которые применяют только в определенных изделиях некоторых отраслей промышленности

(например, резьба для цоколей и патронов электрических ламп, резьба для противоголоза, окулярная резьба для оптических приборов и т. д.).

По *профилю витков* (виду контура осевого сечения) резьбы подразделяют на: 1) треугольные, 2) трапецеидальные, 3) упорные (пилообразные), 4) прямоугольные, 5) круглые.

По *числу заходов* — на: 1) однозаходные и 2) многозаходные (двухзаходные, трехзаходные и т. д.).

По *форме поверхностей*, на которой нарезана резьба — на: 1) цилиндрические и 2) конические.

В зависимости от *направления вращения контура осевого сечения* — на: 1) правые и 2) левые резьбы.

По *принятой единице измерения линейных размеров* — на: 1) метрические и 2) дюймовые.

2.8.1. Основные параметры метрической крепежной резьбы

Параметры цилиндрической резьбы (рис. 2.36, а): средний d_2 (D_2); наружный d (D) и внутренний d_1 (D_1) диаметры наружной (внутренней) резьбы; шаг P (для многозаходной резьбы ход $P_n = P_n$, где n — число заходов); угол профиля α ; высота исходного треугольника H ; длина свинчивания l , рабочая высота профиля H_1 и номинальный радиус закругления впадины резьбы болта R ; основной и номинальный профили резьбы. Профиль, номинальные размеры диаметров, а также параметры P , α , и H_1 являются общими как для наружной (болта, шпильки, винта и др.), так и внутренней (гайки, гнезда и др.) резьб.

Основной профиль метрической резьбы — профиль общий для наружной и внутренней резьбы, который должен соответствовать указанному на рис. 2.26, а утолщенной линией.

Номинальный профиль наружной и внутренней резьбы определяется основным профилем и дополнительными требованиями к форме впадины резьбы, установленными ГОСТ 9000–81 (для резьб диаметром менее 1 мм) и ГОСТ 16093–2004 (ИСО 965–1:1998, ИСО 965–3:1998) (для резьб диаметром от 1 мм и более).

Профиль метрической резьбы для диаметров от 0,25 до 600 мм и размеры его элементов ($H = 0,8660254P$; $H_1 = (5/8) H = 0,541265877P$; $R = H/6 = 0,144337567P$) регламентированы ГОСТ 9150–2002 (ИСО 68–1–98), который предусматривает срезы вершин резьбы, равные $H/4$ у гайки и $H/8$ у болта.

Впадины наружной резьбы выполняют плоскосрезанными или закругленными. На рис. 2.36, б в качестве примера приведена форма впадины наружной резьбы по ГОСТ 9000–81, а на рис. 2.36, в — по ГОСТ 16093–2004 (ИСО 965–1:1998, ИСО 965–3:1998). Форма впадины внутренней резьбы не регламентируется.

Реальный профиль впадин наружной резьбы следует располагать в зоне между линиями плоского среза на расстоянии $0,32H$ и $H/8$ от вершины исходного треугольника. При закругленной форме впадины радиус закругления не должен превышать $R_{\max} = 0,2P$.

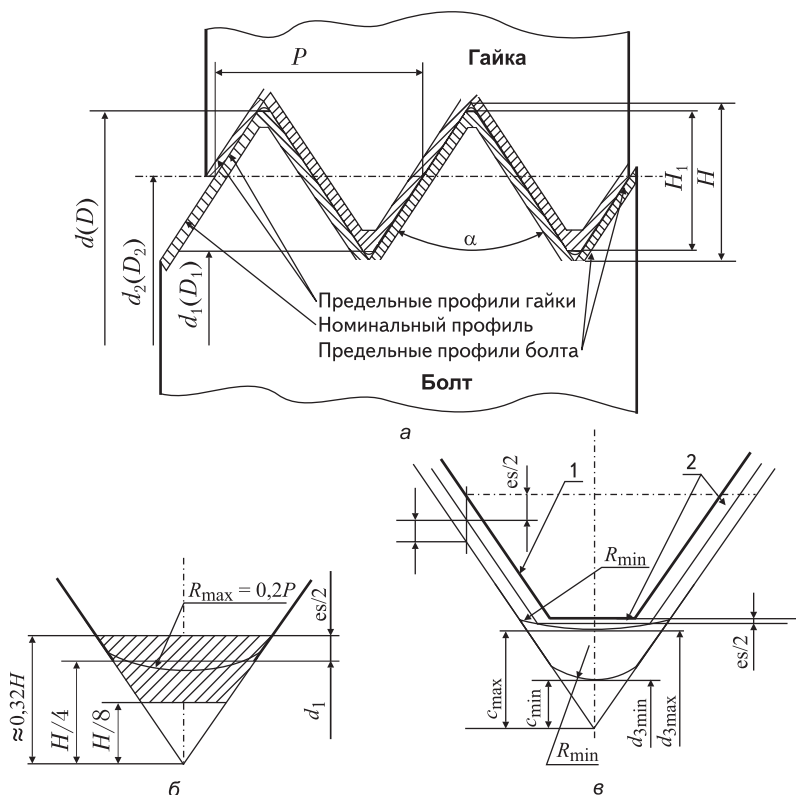


Рис. 2.36. Профиль и предельные контуры резьбового соединения (а), форма впадины наружной резьбы по ГОСТ 9000–81 (б) и по ГОСТ 16093–2004 тс основными отклонениями g , f , e , d (1—основной профиль; 2 — профиль проходного калибра (ПР))

Форма впадины резьбы влияет на циклическую долговечность болтов. Наименьшую циклическую долговечность имеют болты с плоской впадиной профиля, наибольшую — с впадиной, очерченной радиусом $R = H/4 \approx 0,216P$ (при закругленной впадине резьбы значительно уменьшается концентрация напряжений).

2.8.2. Общие принципы взаимозаменяемости цилиндрических резьб

Системы допусков и посадок, обеспечивающих взаимозаменяемость метрической, трапецидальной, упорной, трубной и других цилиндрических резьб, построены на едином принципе: они учитывают наличие взаимосвязи погрешностей отдельных параметров резьбы.

Для обеспечения требований взаимозаменяемости свинчиваемых изделий устанавливают предельные контуры резьбы болта и гайки (рис. 2.36, а). 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.

Отклонения шага и угла профиля резьбы и их диаметральная компенсация. У всех цилиндрических резьб с прямолинейными боковыми сторонами профиля отклонения шага и угла профиля для обеспечения свинчивания могут быть скомпенсированы соответствующим изменением действительного среднего диаметра резьбы.

Отклонение шага состоит из прогрессивных погрешностей шага, пропорциональных числу витков резьбы на длине свинчивания l , периодических, изменяющихся по периодическому закону, и местных, не зависящих от числа витков резьбы на длине свинчивания. Обычно прогрессивные погрешности шага превышают местные.

При наложении на осевое сечение резьбы гайки, имеющей номинальные профиль и размеры, осевого сечения резьбы болта, у которого на длине свинчивания шаг увеличен на ΔP_n (рис. 2.37), получим перекрытие правых боковых сторон EF профиля резьбы болта и CD профиля резьбы гайки (при совмещенных левых сторонах по линии AB). В результате эти детали не свинчиваются.

Свинчивание резьбовых деталей, имеющих погрешность шага резьбы, возможно только при уменьшении среднего диаметра резьбы болта или увеличении среднего диаметра резьбы гайки. При уменьшении среднего диаметра резьбы болта на f_p профиль его резьбы сместится из положения EF в положение $E'F'$, то есть свинчивание станет возможным. Величину f_p называют диаметральной компенсацией погрешностей шага резьбы.

Из треугольника $a'b'c'$, в котором $b'c' = 0,5f_p$, найдем

$$0,5f_p = 0,5\Delta P_n \operatorname{ctg} \alpha / 2 \text{ или } f_p = \Delta P_n \operatorname{ctg} \alpha / 2.$$

При несимметричном профиле

$$f_p = \frac{2\Delta P_n}{\operatorname{tg}\gamma + \operatorname{tg}\beta},$$

где γ и β — углы профиля резьбы.

Диаметральную компенсацию погрешностей шага необходимо определять исходя из абсолютного значения наибольшего отклонения ΔP_n (накопленной или местной погрешности шага), которая может быть как положительной, так и отрицательной.

При анализе *погрешностей угла профиля* резьбы обычно измеряют не угол α , а половину угла профиля $\alpha/2$, которая для метрической резьбы равна 30° . Измеряя $\alpha/2$, можно установить не только величину α , но и перекося резьбы.

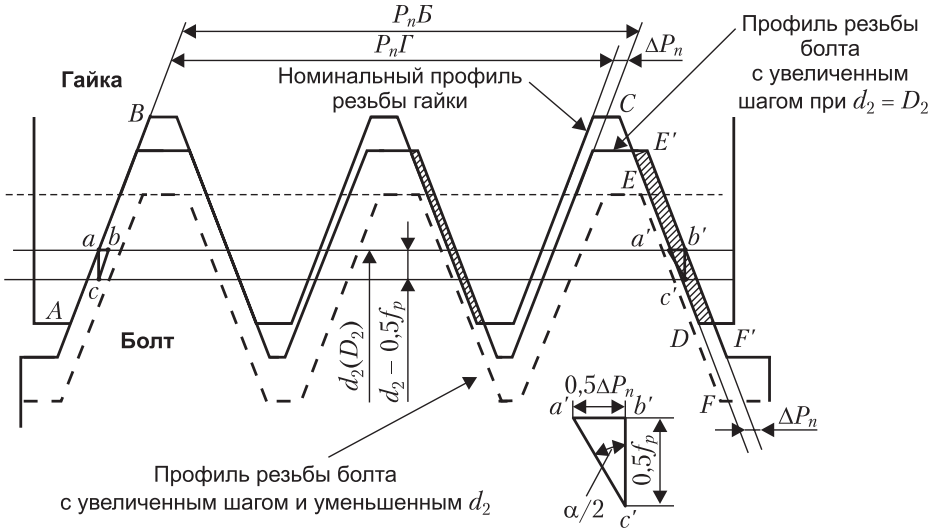


Рис. 2.37. Схема для определения диаметральной компенсации погрешности шага

Отклонением половины угла профиля резьбы $\Delta\alpha/2$ болта или гайки (для резьб с симметричным профилем) называют разность между действительными и номинальными значениями $\alpha/2$. Эта погрешность может быть вызвана погрешностью полного угла профиля (при равенстве половин угла), перекосом профиля относительно оси детали (когда биссектриса угла симметричного профиля перпендикулярна оси резьбы) и сочетанием обоих факторов.

Отклонение $\Delta\alpha/2$ при симметричном профиле резьбы находят как среднее арифметическое абсолютных значений отклонений обеих половин угла профиля:

$$\Delta\alpha / 2 = 0,5[(|\Delta(\alpha / 2)_{\text{пр}}| + |\Delta(\alpha / 2)_{\text{лев}}|)].$$

На рис. 2.38 показано сечение резьбы гайки с номинальным профилем 1, на которое наложено сечение резьбы болта 2, имеющего погрешность половины угла профиля $\Delta\alpha/2$. При равенстве диаметров резьбы болта и гайки свинчивание этих деталей невозможно вследствие перекрытия профилей резьбы (зона 3). Свинчивание возможно только при наличии необходимого зазора по средним диаметрам, то есть диаметральной компенсации $f\alpha$ этой погрешности, которая может быть получена в результате уменьшения среднего диаметра резьбы болта или увеличения среднего диаметра резьбы гайки.

Величину $f\alpha$ можно найти из треугольника DEF . Применяв теорему синусов, получим:

$$\frac{EF}{ED} = \frac{\sin(\Delta\alpha / 2)}{\sin[180 - (\alpha / 2 + \Delta\alpha / 2)]}$$

где $EF = 0,5 f_{\text{в}}$; $ED = h \cos (\alpha / 2)$.

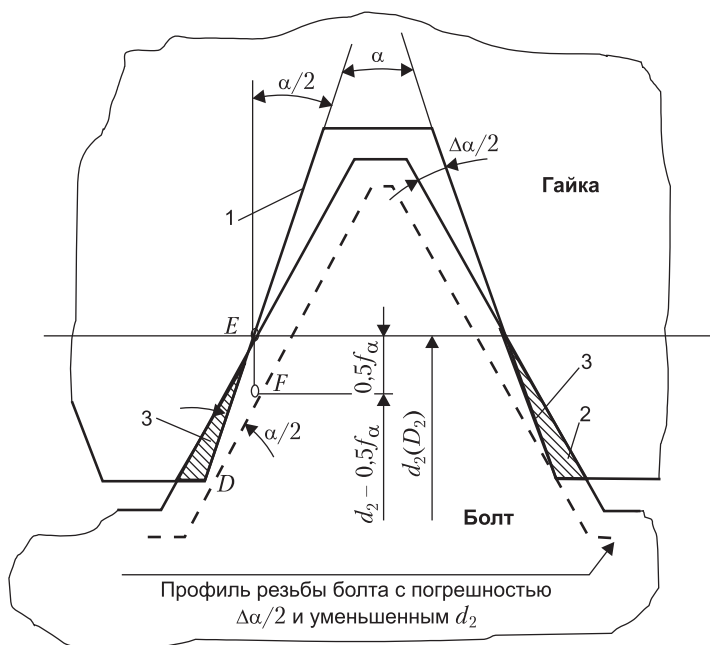


Рис. 2.38. Схема для определения диаметральной компенсации погрешности угла профиля

После преобразования получим $f_a = (4h \Delta\alpha/2) / \sin \alpha/2$, где $\Delta\alpha/2$ — в радианах; h и f_a , в — в миллиметрах. Если $\Delta\alpha/2$ выразить в угловых минутах, f_a — в микрометрах, а h — через шаг резьбы ($h = 0,2165P$), то:

$$f_a = \frac{4h\Delta\alpha/2}{\sin\alpha} \frac{2\pi}{360 \cdot 60} \approx \frac{0,2459}{\sin\alpha} \Delta\alpha/2.$$

Приведенный средний диаметр резьбы. Значение среднего диаметра резьбы, увеличенное для наружной или уменьшенное для внутренней резьбы на суммарную диаметральную компенсацию отклонений шага и угла наклона боковой стороны профиля, называют *приведенным средним диаметром*:

- для наружной резьбы $d_{2пр} = d_{2изм} + f_p + f_a$;
- для внутренней резьбы $D_{2пр} = D_{2изм} - f_p - f_a$.

Здесь $d_{2изм}$ и $D_{2изм}$ — измеренные (действительные) значения среднего диаметра наружной и внутренней резьб. При этом для определения $d_{2пр}$ в формулу f_p и f_a всегда входят со знаком плюс, а в формулу для $D_{2пр}$ — со знаком минус.

При точном определении значения приведенного диаметра необходимо учитывать отклонения формы боковых поверхностей и другие погрешности резьб.

При наличии погрешностей шага и половины угла профиля резьбы у обеих деталей получаемый в соединении зазор определяется разностью действительных значений приведенных средних диаметров внутренней и наружной резьбы.

Суммарный допуск среднего диаметра резьбы. Вследствие взаимосвязи между отклонениями шага, угла профиля и собственно среднего диаметра допус-

каемые отклонения этих параметров отдельно не нормируют (за исключением резьб с натягом, резьб калибров и инструмента). Устанавливают только суммарный допуск на средний диаметр болта T_{d_2} и гайки T_{D_2} , который включает допусковое отклонение собственно среднего диаметра Δd_2 (Δ_{D_2}) и диаметральные компенсации погрешности шага и угла профиля:

$$T_{d_2} (T_{D_2}) = \Delta_{d_2} \cdot (\Delta_{D_2}) + f_p + f_a.$$

Верхний предел суммарного допуска среднего диаметра наружной резьбы ограничивает приведенный средний диаметр $d_{2np \max}$, а нижний предел — средний диаметр d_{2min} . Для внутренней резьбы — это допуск, нижний предел которого ограничивает приведенный средний диаметр $D_{2np \min}$, а верхний предел — средний диаметр D_{2max} .

2.8.3. Допуски и посадки резьб с зазором

Допуски метрических резьб с крупными и мелкими шагами для диаметров 1–600 мм регламентированы ГОСТ 16093–2004 (ИСО 965–1:1998, ИСО 965–3:1998). Этот стандарт устанавливает предельные отклонения диаметров резьбы в посадках типа скользящих и с зазорами (рис. 2.39). Поле допуска *отдельного диаметра* резьбы (среднего диаметра d_2 , D_2 или диаметра выступов d , D_1) образуется сочетанием допуска и основного отклонения.

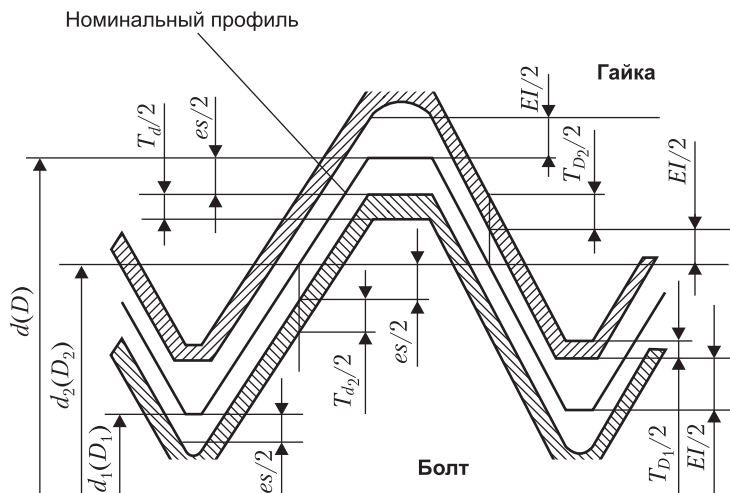


Рис. 2.39. Расположение полей допусков метрической резьбы при посадке с зазором. Установлены ряды основных отклонений: для болтов h, g, f, e, d ; для гаек H, G, E, F

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 для d, d_2 и d_1).

Численные значения основных отклонений рассчитываются по формулам:

- для наружной резьбы:

$$\begin{aligned} es_d &= -(80 + 11P); \\ es_e &= -(50 + 11P); \\ es_f &= -(30 + 11P); \\ es_g &= -(15 + 11P); \\ es_h &= 0; \end{aligned}$$

- для внутренней резьбы:

$$\begin{aligned} EI_E &= (50 + 11P); \\ EI_F &= (30 + 11P); \\ EI_G &= (15 + 11P); \\ EI_H &= 0, \end{aligned}$$

где es и EI — верхнее и нижнее отклонения, мкм; P — шаг резьбы, мм.

Установлены также следующие степени точности, определяющие значения допусков диаметров наружной и внутренней резьбы:

- диаметры болта:
 - наружный d 4, 6, 8;
 - средний d_2 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10*;
- диаметры гайки:
 - внутренний D_1 4, 5, 6, 7, 8;
 - средний D_2 4, 5, 6, 7, 8, 9*.

ПРИМЕЧАНИЕ

Степени 9* и 10* применяются только для резьб на деталях из пластмасс

Основным рядом допусков для всех диаметров резьб является 6-я степень точности. Допуски по 6-й степени точности определяются по формулам:

- для наружного диаметра болтов $Td(6) = 180\sqrt[3]{P^2} - 3,15 / P$
 - для внутреннего диаметра гаек $TD_1(6) = 433P \ 190P^{1,22}$ при $P \leq 0,8$ мм; $TD_1(6) = 230P^{0,7}$ при $P > 1$ мм;
 - для среднего диаметра болтов $Td_2(6) = 90P^{0,4} d^{0,1}$;
 - для среднего диаметра гаек $Td_2(6) = 1,32 Td_2(6)$;
- (где P и d — в мм; T — в мкм).

Допуски остальных степеней точности определяются умножением допуска 6-й степени точности на следующие коэффициенты:

- степень точности 34578910;
- коэффициент 0,50,630,81,251,6222,5.

В зависимости от длины свинчивания резьбы разделены на три группы:

- малые S — длины свинчивания до $2,24P d^{0,2}$;
- нормальные N — длины от $2,24P d^{0,2}$ до $6,7P d^{0,2}$;
- большие L — длины свинчивания свыше $6,7P d^{0,2}$.

Форма впадины резьбы. Реальный профиль впадины как для наружной, так и для внутренней резьбы ни в одной из точек не должен заходить за основной профиль.

Для наружной резьбы на крепежных деталях класса прочности 8.8 и выше по ГОСТ 1759.4–87 (ИСО 898/1–78) профиль впадины должен иметь неизменяющуюся по знаку кривизну, и ни один из участков профиля не должен иметь радиус кривизны (R_{\min}) менее $0,125P$.

При максимальном внутреннем диаметре d_3 две дуги радиусом $R_{\min} = 0,125P$ будут проходить через точки пересечения боковых сторон профиля максимума материала с цилиндром внутреннего диаметра калибра ПР по ГОСТ 24997–2004 (ИСО 1502:1996), а при минимуме материала одна дуга с этим радиусом будет сопрягаться с обеими боковыми сторонами (см. рис. 2.36, в).

При этом максимальный срез по впадине c_{\max} вычисляют по формуле

$$c_{\max} = \frac{H}{4} - R_{\min} \left\{ 1 - \cos \left[\frac{\pi}{3} - \arccos \left(1 - \frac{T_{d2}}{4R_{\min}} \right) \right] \right\} + \frac{T_{d2}}{2}.$$

Однако в качестве основы для расчета прочности по внутреннему диаметру d_3 наружной резьбы целесообразно принимать срез по впадине, равный $H/6$ (при $R = 0,14434P$). Соответствующие значения d_3 приведены ГОСТ 24705–2004 (ИСО 724:1993) и ГОСТ 24706–81.

Минимальный срез по впадине вычисляют по формуле

$$c_{\min} = 0,125P \approx \frac{H}{7}.$$

Для профиля впадины нет каких-либо ограничений, кроме того, что наибольший внутренний диаметр d_3 наружной резьбы должен быть меньше наименьшего внутреннего диаметра проходного калибра по ГОСТ 24997–2004 (ИСО 1502:1996).

С целью уменьшения числа калибров и инструментов поля допусков следует выбирать предпочтительно из табл. 2.19.

Поля допусков установлены в трех классах точности: точный, средний и грубый:

- точный: для прецизионных резьб, когда необходимо малое колебание характера посадки;
- средний: для общего применения;
- грубый: для случаев, когда могут возникнуть производственные трудности, например, при нарезании резьбы на горячекатаных стержнях или в длинных глухих отверстиях.

По степени предпочтительности выбора поля допусков в табл. 10 и 11 подразделяются следующим образом:

- поля допусков, указанные в рамках, отобраны для коммерческих крепежных изделий;
- поля допусков, набранные жирным шрифтом, предназначены для выбора в первую очередь;

- поля допусков, набранные светлым шрифтом, предназначены для выбора во вторую очередь;
- поля допусков, указанные в скобках, предназначены для выбора в третью очередь.

Таблица 2.19. Поля допусков болтов и гаек

Длина свинчивания	Класс точности	Поля допусков гаек		Поля допусков болтов		
		Отклонение <i>H</i>	Отклонение <i>G</i>	Отклонение <i>h</i>	Отклонение <i>g</i>	Отклонение <i>d, e, f</i>
<i>S</i>	Точный	4H	(5G)	(3h4h)	–	–
	Средний	5H	(5G)	(5h6h)	5g6g	–
	Грубый	–	(5G)	–	–	–
<i>N</i>	Точный	5H	–	4h	4g	–
	Средний	6H	6G	6h	6g	6d, 6e, 6f
	Грубый	7H	(7G)	8h	8g	(8e)
<i>L</i>	Точный	6H	–	(5h4h)	–	–
	Средний	7H	(7G)	(7h6h)	7g6g	(7e6e)
	Грубый	8H	(8G)	–	(9g8g)	(9e8e)

Для стандартизованных полей допусков задаются предельные отклонения для резьбы болтов: верхнее — для наружного d , среднего d_2 и внутреннего d_1 диаметров; нижнее — для наружного d и среднего d_2 диаметров. Для резьбы гаек задаются следующие предельные отклонения: нижнее для всех трех диаметров (D, D_1, D_2), верхнее — для среднего D_2 и внутреннего D_1 диаметров.

Для резьб с защитными относительно тонкими покрытиями, например с гальваническими, допуски и предельные отклонения по настоящему стандарту применяют к размерам деталей до нанесения покрытия, если не задано по-иному. После нанесения покрытия действительный профиль резьбы ни в одной из точек не должен выходить за номинальный профиль резьбы (предельный профиль максимума материала, соответствующий основному отклонению h или H).

Обозначение точности и посадок резьбы. Обозначение поля допуска *отдельного диаметра* резьбы состоит из цифры, указывающей степень точности, и буквы, указывающей основное отклонение (например: $4h$; $6g$; $6H$).

Обозначение поля допуска резьбы состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра, помещаемого на первом месте, и обозначения поля допуска диаметра выступов (например, $7g6g$; $5H6H$). Если обозначение поля допуска диаметра выступов совпадает с обозначением поля допуска среднего диаметра, его в обозначении поля допуска резьбы не повторяют (например, $6g, 6H$).

В условном обозначении резьбы обозначение поля допуска должно следовать за обозначением резьбы.

Примеры условного обозначения наружной резьбы:

- с крупным шагом — $M10-6g$ или $M10 \times 1,5-6g$;
- с мелким шагом — $M10 \times 1-6g$;

внутренней резьбы:

- с крупным шагом — $M10-6H$;
- с мелким шагом — $M10\times1-6H$;
- многозаходной резьбы (Ph — ход резьбы, P — шаг резьбы):
- правой резьбы — $M16\times Ph3P1,5-6H$ или $M16\times Ph3P1,5$ (два захода)– $6H$;
- левой резьбы — $M16\times Ph3P1,5-6H-LH$.

Отсутствие обозначения поля допуска резьбы означает, что назначен класс точности «средний» и соответственно следующие поля допусков.

Наружная резьба:

- $6h$ — для резьбы диаметром до 1,4 мм включительно;
- $6g$ — для резьбы диаметром 1,6 мм и более.

Внутренняя резьба:

- $5H$ — для резьбы диаметром до 1,4 мм включительно;
- $6H$ — для резьбы диаметром 1,6 мм и более.

Однако предпочтительным является указание обозначения поля допуска резьбы во всех случаях.

Обозначение группы длин свинчивания «нормальная» N в обозначении резьбы не указывается.

Обозначение группы длин свинчивания «короткая» S и «длинная» L указываются за обозначением поля допуска резьбы и отделяются от него чертой, например: $M6-7g6g-L$, $M20\times2-5H-S-LH$ (LH — обозначение левой резьбы).

ПРИМЕЧАНИЕ

Обозначение групп длин свинчивания S или L допускается дополнять указанием в скобках длины свинчивания в миллиметрах, например: $M12-7g6g-L (30)$

Посадка в резьбовом соединении обозначается дробью, в числителе которой указывают обозначение поля допуска внутренней резьбы, а в знаменателе — обозначение поля допуска наружной резьбы, например: $M6-6H/6g$; $M20\times2-6H/5g6g$; $M12\times1-6H/6g-LH$.

2.8.4. Допуски резьб с натягом и с переходными посадками

Рассматриваемые посадки служат главным образом для соединения шпилек с корпусными деталями, если нельзя применить соединения винтовое или типа болт — гайка. Эти посадки применяют в крепежных соединениях, работающих при ударах, вибрациях, колебаниях температуры, для центрирования деталей на резьбе и т. д.

Посадки с натягом и переходные должны обеспечивать неподвижность собранных деталей, исключаящую самоотвинчивание шпилек и возможность вывинчивания их из гнезда под действием моментов, возникающих на другом конце шпилек при отвинчивании гаек. Натяги создаются только по боковым

сторонам профиля, то есть по средним диаметрам сопрягаемых резьб; по наружным и внутренним диаметрам предусматриваются зазоры (рис. 2.40, а). Резьбовые соединения с натягом требуют ограничения допусков на диаметры d_2 и D_2 и, следовательно, допуска натяга.

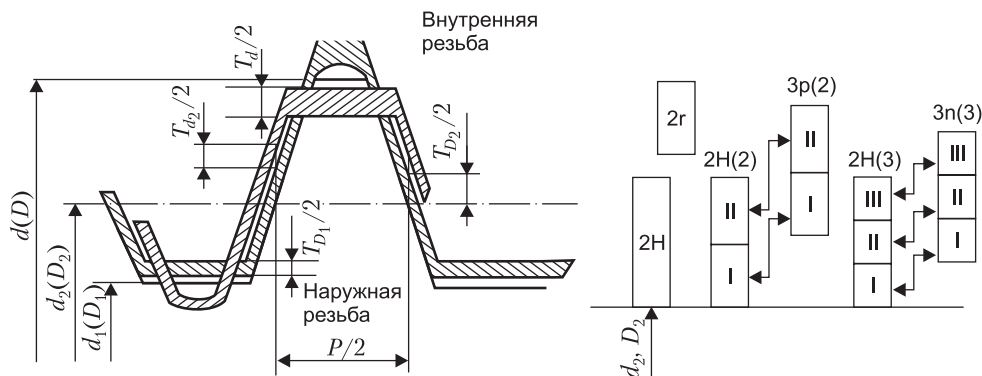


Рис. 2.40. Расположение полей допусков резьбы с натягом

ГОСТ 4608–81* предусматривает посадки с натягом только в системе отверстия. Посадки

$$\frac{2H5D(2)}{3p(2)}, \frac{2H5C(2)}{3p(2)}, \frac{2H4D(3)}{3n(3)} \text{ и } \frac{2H4C(3)}{3n(3)}$$

должны осуществляться с сортировкой наружной и внутренней резьб по собственно среднему диаметру в средней части резьбы на группы. Число групп (две или три) указано в скобках. Сборка резьбовых деталей (шпильки, гнезда) должна осуществляться из одноименных сортировочных групп по схеме, показанной на рис. 2.40, б. Посадки $\frac{2H5D}{2r}$ и $\frac{2H5C}{2r}$ осуществляются без сортировки. Допускается применение посадок $3H6H/3p$ и $3H6H/3n$ без сортировки на группы. Указанные посадки относятся к переходным, и их применение требует дополнительной проверки.

Допуски среднего диаметра резьбы деталей, сортируемых на группы, не включают диаметральных компенсаций отклонений шага и угла наклона боковой стороны профиля. В этом случае на шаг и угол профиля предусмотрены допуски, которые контролируются только у шпилек, для гнезд эти отклонения обеспечивают при изготовлении резьбообразующего инструмента соответствующей точности.

Предельные отклонения внутреннего диаметра наружной резьбы по дну впадины d_3 не устанавливаются. Они ограничиваются положением поля допуска среднего диаметра d_2 и предельными отклонениями формы впадины наружной резьбы.

Резьбы с переходными посадками применяют при одновременном дополнительном заклинивании шпилек по коническому сбегу резьбы, по плоскому бур-

ту и цилиндрической цапфе. По ГОСТ 24834–81* предусмотрены следующие посадки:

$$\frac{4H6H}{4jk}, \frac{5H6H}{4jk}, \frac{5H6H}{4jh}, \frac{4H6H}{4j}, \frac{5H6H}{4j}, \frac{3H6H}{4m}.$$

В условных обозначениях резьб с натягом и с переходными посадками поле допуска наружного диаметра d шпильки (болта) не проставляется, поскольку оно постоянное (для резьб с натягом — $6e$ или $6c$, а для резьб с переходными посадками — $6g$).

2.8.5. Допуски метрической резьбы с профилем MJ

Метрическая резьба с профилем MJ по ГОСТ 30892–2002 (ИСО 5855–1–99, ИСО 5855–2–99, ИСО 5855–3–99) предназначена для применения в условиях, где требуется повышенная усталостная прочность резьбовых соединений, в первую очередь для изделий *авиакосмической техники*.

Профиль резьбы MJ является модификацией профиля метрической резьбы по ГОСТ 9150–2002 (ИСО 68–1–98) и отличается от него увеличенным срезом по внутреннему диаметру и увеличенным радиусом закругления впадины R .

По ГОСТ 9150: $H_1 = 0,625H$; срез по D_1 , $d_1 = 0,25H$; $R = 0,144337567P$.

По ГОСТ 30892: $H_1 = 0,5625H$; срез по D_1 , $d_1 = 0,3125H$; $R = 0,18042P$.

Расположение полей допусков для наружной резьбы показано на рис. 2.41, а для внутренней резьбы — на рис. 2.42. Действительный профиль резьбы должен быть расположен между максимальным и минимальным предельными профилями.

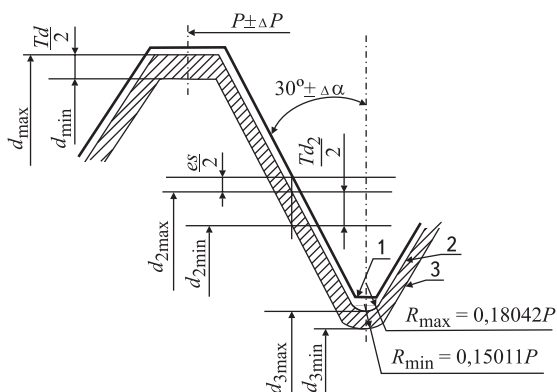


Рис. 2.41. Предельные профили наружной резьбы: 1 — основного профиля; 2 — максимальный профиль; 3 — минимальный профиль

Для наружной резьбы (болта) впадина может иметь в поле, ограниченном предельными профилями, любую криволинейную форму без перегибов и с радиусами сопряжения не менее $0,15011P$. Форма впадины внутренней резьбы не устанавливается.

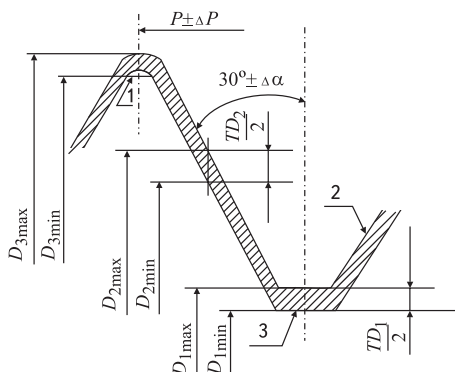


Рис. 2.42. Предельные профили внутренней резьбы с основным отклонением H : 1 — основной профиль; 2 — максимальный профиль; 3 — номинальный и минимальный профили

Рекомендуемые поля допусков для:

- болтов — $4h6h$;
- гаек — $4H6H$ при номинальном диаметре ≤ 5 мм;
- гаек — $4H5H$ при номинальном диаметре ≥ 6 мм;
- наружной резьбы фитингов гидравлических систем — $4h6h$ и $4g6g$;
- внутренней резьбы фитингов гидравлических систем — $4H5H$.

ПРИМЕЧАНИЕ

Поля допусков приведены для резьб без защитных гальванических покрытий. Для резьб с защитными покрытиями поля допусков до нанесения покрытия следует выбирать по ГОСТ 16093–2004 со степенями точности, указанными выше

Допуски шага и половины угла профиля вычисляют по формулам:

$$\Delta P = 0,4Td_2 / 1,7321;$$

$$\Delta \alpha \approx \text{tg}(\Delta \alpha) = 0,3Td_2 / 1,125P.$$

Шаг может быть в пределах $\pm \Delta P$, но общее отклонение между любыми двумя витками резьбы, расположенными в пределах длины свинчивания, не должно превышать ΔP .

В пределах суммарного допуска на средний диаметр резьбы и на выбранной длине измерения сумма диаметральных компенсаций отклонений шага, угла наклона боковой стороны профиля, угла наклона винтовой линии, конусности, отклонения от круглости и других отклонений, влияющих на форму резьбы, не должна превышать половины суммарного допуска среднего диаметра $Td_2/2$. Эти требования являются исходными при проектировании резьбообразующего инструмента и обязательному контролю не подлежат.

Обозначения резьбы. Обозначение резьбы по данному стандарту аналогично обозначению по ГОСТ 16093–2004, за исключением символа MJ .

Например, наружная резьба $MJ14 \times 1,5 - 4h6h$, левая $MJ14 \times 1,5 - 4h6h - LH$; внутренняя резьба $MJ14 \times 1,5 - 4H5H$.

Резьбы с профилем MJ диаметрами и (или) шагами и (или) полями допусков, не установленные в ГОСТ 30892–2002, считаются *специальными* и обозначаются буквой S , например $MJS13 \times 1 - 4h$ или $MJS13 \times 1 - 4H5H$.

2.8.6. Стандартные резьбы общего и специального назначения

В табл. 2.20 приведены наименования стандартных резьб общего назначения, наиболее широко распространенных в машино- и приборостроении, и даны примеры их обозначения на чертежах.

К наиболее распространенным *цилиндрическим резьбам* специального назначения относятся: метрическая для приборостроения, упорная усиленная 450, окулярная для оптических приборов, круглая для санитарно-технической арматуры, круглая для цоколей и патронов электрических ламп, для обсадных и колонковых труб геологического бурения, для объективов микроскопов, для масленок консистентной смазки; к *коническим резьбам* специального назначения относятся: коническая для вентилях и горловин баллонов для газов, замковая для труб геологоразведочного бурения, для обсадных труб и муфт к ним, для насосно-компрессорных труб и муфт к ним.

Таблица 2.20. Резьбы общего назначения

Для скрепления деталей и регулировочных устройств

Тип резьбы	Наименование резьбы	Профиль и угол профиля	Номер стандарта на допуски	Примеры обозначения на чертежах
Цилиндрическая метрическая	Для диаметров 0,25–0,9 мм	Треугольный $\alpha = 60^\circ$	ГОСТ 9000–81	$M0,5-4H5/5h5$
	С крупным шагом		ГОСТ 16093–2004	$M20-6H/6g$
	С мелким шагом			$M20 \times 2-6H/6g$
	С натягом		ГОСТ 4608–81*	$M16-2H5C(2)/3p(2)$
	С переходными посадками		ГОСТ 24834–81*	$M12-4H6H/4j$
Круглая	Закругленный $\alpha = 30^\circ$	СТ СЭВ 3962–83	$Rd12-7H6H/7e6e$	

Для преобразования движений в винтовых механизмах

Тип резьбы	Наименование резьбы	Профиль и угол профиля	Номер стандарта на допуски	Примеры обозначения на чертежах
Цилиндрическая метрическая	Трапецеидальная однозаходная	Трапецеидальный $\alpha = 30^\circ$	ГОСТ 9562–81	$Tr20 \times 6 - 7H/7e$
	Трапецеидальная многозаходная		ГОСТ 24739–81	$Tr20 \times 4(P2) - 8H/8e$
	Упорная	Пилообразный $P = 30^\circ; y = 3^\circ$	ГОСТ 25096–82	$S80 \times 10 - 7AZ/7h$

Для плотного (герметичного) соединения труб, арматуры и т. д.

Тип резьбы	Наименование резьбы	Профиль и угол профиля	Номер стандарта на допуски	Примеры обозначения на чертежах
Дюймовая	Трубная цилиндрическая	Треугольный $\alpha = 55^\circ$	ГОСТ 6357–81	$G2 - A/A$
	Трубная коническая		ГОСТ 6211–81	$R_c R$
	Коническая дюймовая	Треугольный $\alpha = 60^\circ$	ГОСТ 6111–52*	$K3/4 \gg$ ГОСТ 6111–52*
Коническая метрическая	Коническая метрическая	Треугольный $\alpha = 60^\circ$	ГОСТ 25229–82	$MK20 \times 1,5$

ПРИМЕЧАНИЕ

Левая резьба обозначается буквами *LH*, например $M20 LH - 6H$. Для многозаходной резьбы указывается ход резьбы, а затем в скобках буква *P* и численное значение шага, например $Tr20 \times 4(P2) - 8e$.

2.9. Допуски зубчатых и червячных передач

Точность в значительной мере определяет работоспособность зубчатых и червячных передач, так как их погрешности вызывают дополнительные динамические нагрузки, неравномерность вращения, вибрации, шум, концентрацию нагрузок по длине контактных линий и другие дефекты. Существующие системы допусков для зубчатых и червячных передач ограничивают погрешности изготовления с целью получения работоспособных механизмов. Работоспособность передач с учетом условий их работы можно обеспечить, зная, какие основные эксплуатационные показатели определяют точность передач. Эта задача облегчается тем, что по условиям работы все зубчатые и червячные передачи можно подразделить на несколько групп, каждая из которых характеризуется своим основным показателем точности. Так, для *отсчетных* передач основным точностным требованием является кинематическая точность; для *высокоскоростных* — плавность работы; для *тяжелонагруженных тихоходных* — полнота контактных зубьев; для *реверсивных* (особенно отсчетных) — ограничение величины и колебания бокового зазора.

С учетом условий эксплуатации в стандартах на допуски для зубчатых и червячных передач установлены нормы точности: *кинематической, плавности работы и контакта зубьев*.

По точности изготовления все зубчатые колеса и передачи разделены на 12 степеней (от 1-й — наиболее точной до 12-й — наиболее грубой). Для некоторых степеней числовые значения допусков и отклонений пока не предусмотрены. Эти степени точности оставлены для будущего развития. К таким степеням точности относятся: для цилиндрических передач — 1 и 2; для конических — 1–3; для червячных — 1 и 2 при $m < 1$ мм.

Независимо от норм и степеней точности в стандартах предусмотрены необходимые *виды сопряжений* зубьев, отличающихся наименьшими боковыми зазорами, и *виды допусков* на боковой зазор.