

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра эксплуатации автомобилей

Составители
Н. А. Андреева, М. Е. Луценко, А. Г. Шубина

УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА
по профессиональному модулю
«Техническое обслуживание
и ремонт автотранспортных средств»

Тема: «Резьбовые соединения»

Методические материалы

Рекомендовано в качестве методических материалов
учебно-методической комиссией по специальности СПО
23.02.07 – «Техническое обслуживание и ремонт двигателей,
систем и агрегатов автомобилей» в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2022

Рецензенты:

Короткова Л. П. – кандидат технических наук доцент кафедры металлорежущие станки и инструменты

Подгорный А. И. – кандидат технических наук доцент кафедры эксплуатации автомобилей

Андреева Надежда Александровна

Луценко Марина Евгеньевна

Шубина Анна Геннадьевна

Учебная практика по профессиональному модулю «Техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств» Тема: «Резьбовые соединения» : методические материалы по специальности СПО 23.02.07 – «Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей» / сост. Н. А. Андреева, М. Е. Луценко, А. Г. Шубина – Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2022. – Текст : электронный.

В методических указаниях приведены все сведения, необходимые для изучения классификации и типов резьб, крепежных деталей, резьбовых соединений, методов сборки и инструментов для сборки резьбовых соединений. Наличие методических указаний позволяет обучающимся подготовиться заранее к прохождению учебной практики.

© Кузбасский государственный
технический университет
имени Т. Ф. Горбачева, 2022

© Андреева Н. А.,
Ащеулов А.С., Шубина А.Г.,
составление, 2022

Содержание

РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ.....	4
1 Классификация соединений деталей.....	4
1.1 Резьбовые соединения.....	4
1.1.1 Понятия о резьбе.....	5
1.1.2 Классификация резьб.....	8
1.1.3 Типы резьб.....	10
1.1.4 Резьбы цилиндрические.....	12
1.1.5 Резьбы конические	16
1.1.6 Крепежные детали.....	19
1.1.7 Стандартные крепежные детали.....	23
1.1.8 Способы стопорения резьбовых соединений.....	35
1.1.9 Классификация резьбовых соединений.....	38
1.1.10 Виды резьбовых соединений.....	39
2 Сборка и разборка резьбовых соединений.....	41
2.1 Сборка резьбовых соединений.....	41
3 Инструмент для сборки разборки резьбовых соединений.....	48
Список литературы.....	51

РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

1. Классификация соединений деталей

По конструкции и условиям эксплуатации соединения деталей могут быть разделены на *подвижные* и *неподвижные*.

Соединение неподвижное – соединение деталей, обеспечивающее неизменность их взаимного положения при работе. Например, сварные, соединения с помощью крепежных изделий и др.

Соединение подвижное – соединение, при котором детали имеют возможность относительного перемещения в рабочем состоянии. Например, зубчатое соединение.

В зависимости от возможности демонтажа соединения подразделяются на *разъемные* и *неразъемные*.

Соединение разъемное – соединение, которое можно многократно разъединять и соединять, не деформируя при этом ни соединяемые, ни крепежные детали.

К *разъемным соединениям*, которые могут разбираться без повреждения составляющих их деталей, принадлежат:

- резьбовые;
- шпоночные;
- шлицевые;
- профильные;
- штифтовые;
- клиновые.

Соединение неразъемное – соединение, которое нельзя разъединить без нарушения формы деталей или их соединяющего элемента.

К *неразъемным соединениям*, которые не могут разбираться без повреждения составляющих их деталей, принадлежат:

- сварные;
- заклепочные;
- паянные;
- клеевые.

1.1. Резьбовые соединения

Резьбовое соединение – крепёжное соединение в виде резьбы.

Достоинства:

- технологичность;
- взаимозаменяемость;

- универсальность;
- надёжность;
- массовость.

Недостатки:

- раскручивание (самоотвинчивание) при переменных нагрузках – требуется применение специальных устройств (средств) для предотвращения раскручивания.

- отверстия под крепёжные детали, как резьбовые, так и гладкие, вызывают концентрацию напряжений.

- для уплотнения (герметизации) соединения необходимо использовать дополнительные технические решения.

Эти соединения относят к разъёмным, так как они легко и быстро обеспечивают сборку и разборку соединяемых деталей.

Основной элемент резьбового соединения – резьба, расположенная по винтовой линии на поверхности детали.

1.1.1. Понятие о резьбе

Резьба – чередующиеся выступы и впадины на поверхности тела вращения, расположенные по винтовой линии; применяется как средство соединения, уплотнения или обеспечения заданных перемещений деталей машин, механизмов, приборов, аппаратов, сооружений (рис. 1).

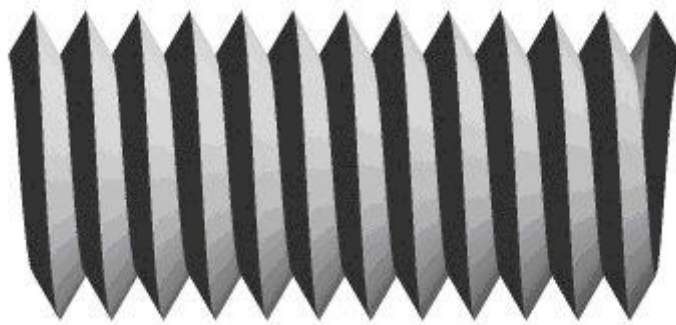


Рисунок 1 – Резьба

Основные параметры резьбы

Виток резьбы – часть резьбы, образованной при одном повороте профиля вокруг оси вращения (рис. 2).

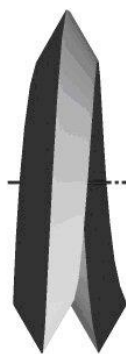


Рисунок 2 – Виток резьбы

Наружный диаметр резьбы (d) – диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или вписанного во впадины внутренней резьбы (рис. 3).

Номинальный диаметр резьбы – диаметр, условно характеризующий размеры резьбы и используемый при ее обозначении.

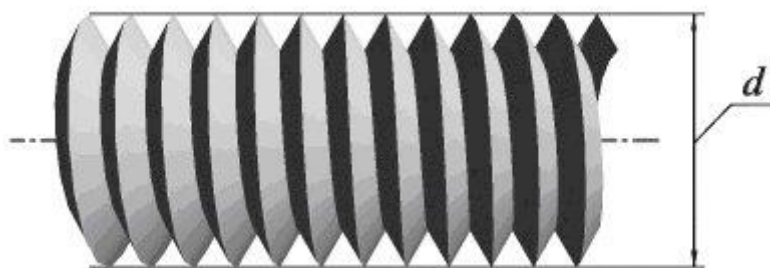


Рисунок 3 – Наружный диаметр резьбы

Внутренний диаметр резьбы (d_1) – диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной резьбы или описанной вокруг вершин внутренней резьбы (рис. 4).

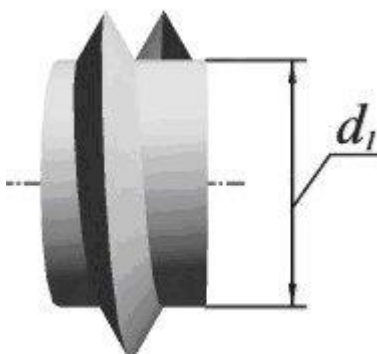


Рисунок 4 – Внутренний диаметр резьбы

Профиль резьбы – плоская фигура, получаемая в плоскости, проходящей через ось резьбы.

Высота профиля (H) – радиально измеренная высота основного расчетного теоретического профиля (высота исходного треугольного профиля), общего для резьбы на стержне и в отверстии.

Угол профиля – угол между боковыми сторонами профиля, измеренный в осевой плоскости резьбы (рис. 5).

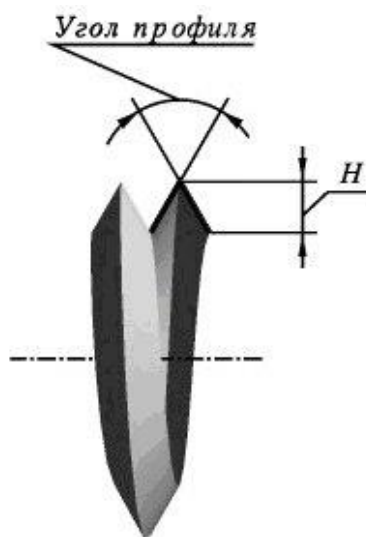


Рисунок 5 – Профиль резьбы

Шаг резьбы (P) – расстояние между соседними одноименными точками профиля в направлении, параллельном оси резьбы той же винтовой поверхности (рис. 6).

Ход резьбы (Ph) – расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между исходной средней точкой на боковой стороне резьбы и средней точкой, полученной при перемещении исходной по винтовой линии на угол 360° , в однозаходной резьбе ход равен шагу, в многозаходной – произведению шага на число заходов n : $Ph = nP$ (рис. 6).

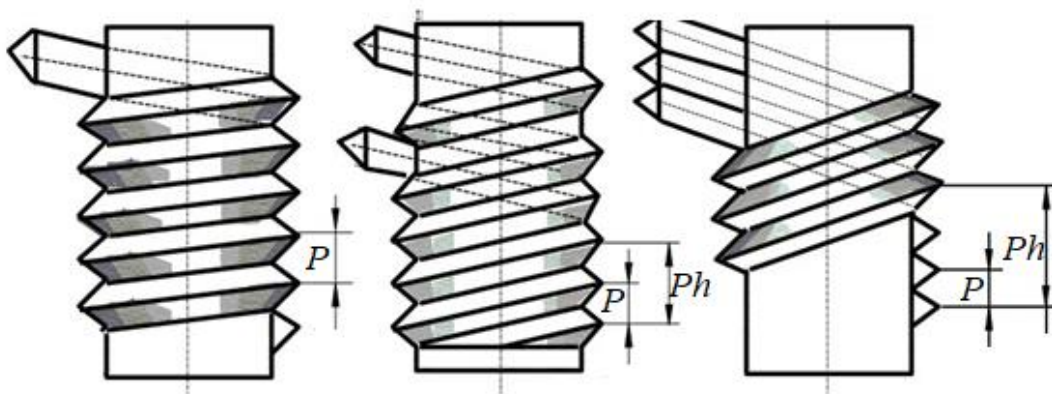


Рисунок 6 – Основные параметры резьбы

Рабочая высота профиля (h) – наибольшая высота соприкосновения сторон профиля резьбовой пары, измеренная радиально (рис. 7).

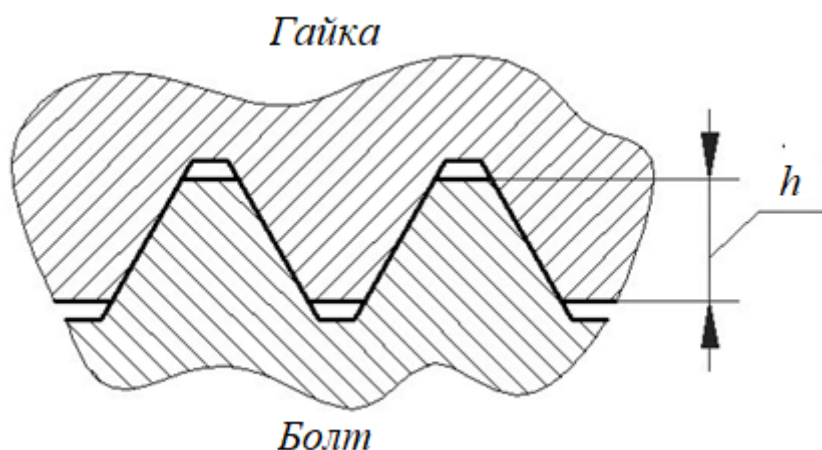


Рисунок 7 – Рабочая высота профиля

Длина свинчивания (L) – длина участка взаимного перекрытия наружной и внутренней резьб в осевом направлении.

1.1.2. Классификация резьб

Для классификации резьбы используются следующие основные признаки (рис. 8):

- форма профиля;
- форма поверхности, на которой выполнена резьба;
- расположение резьбы;
- величина шага;
- число и направление заходов;

- эксплуатационное назначение.

По форме основной поверхности:

- цилиндрические (наиболее распространены);
- конические (применяют для плотных соединений труб, пробок и т.п.).

По форме профиля резьбы

- треугольная
- прямоугольная,
- трапецеидальная,
- круглая и другие резьбы.



Рисунок 8 – Классификация резьб

По направлению винтовой линии :

- правая (наиболее распространена);
- левая.

По числу заходов

- однозаходная (наиболее распространенную);
- двухзаходная и другие резьбы.

Многозаходные резьбы применяются в винтовых механизмах.

По назначению:

- крепежная;

- метрическая с треугольным профилем – основная крепежная резьба;
- трубная – с закругленными вершинами и впадинами (ГОСТ 6357-73);
- круглая (ГОСТ 6042-71) и др.;
- *ходовая* (для винтовых механизмов);
- трапецеидальная симметричная (ГОСТ 9484-73);
- упорная (ГОСТ 10177-62);
- прямоугольная.

1.1.3. Типы резьб

В зависимости от поверхности, на которой расположена резьба, различают резьбы цилиндрические, конические, наружные и внутренние. Профили резьбы в сечении плоскостью, проходящей через ее ось, бывают: треугольные 1, упорные 2, трапецеидальные 3, прямоугольные 4 и круглые 5 (рис. 9).

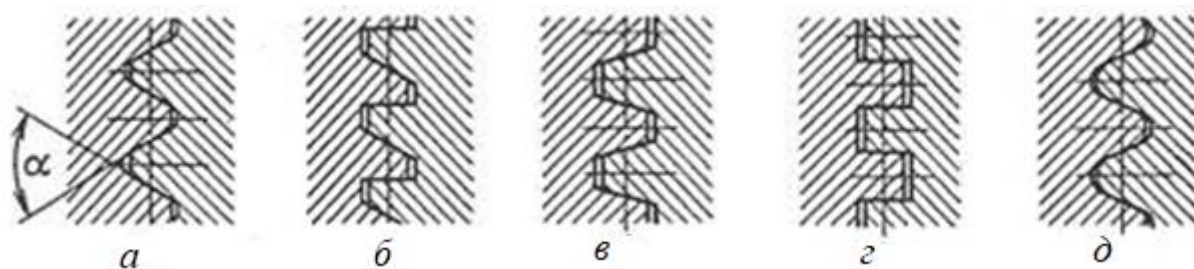


Рисунок 9 – Профили резьбы в сечении плоскостью

По направлению винтовой линии различают правую и левую резьбы; по числу заходов (рис. 6) – однозаходовые и многозаходовые (двухзаходовые, трехзаходовые); по назначению — крепежные и ходовые.

Для крепежных деталей применяют резьбы треугольного профиля, которые разделены на две основные группы: **метрические** ($\alpha = 60^\circ$) и **дюймовые** ($\alpha = 55^\circ$).

Основные параметры резьбового соединения показаны на рис. 10, где d , d_1 , d_{cp} – соответственно наружный, внутренний и средний диаметр; h – рабочая высота профиля; S и α – соответственно шаг и угол профиля.

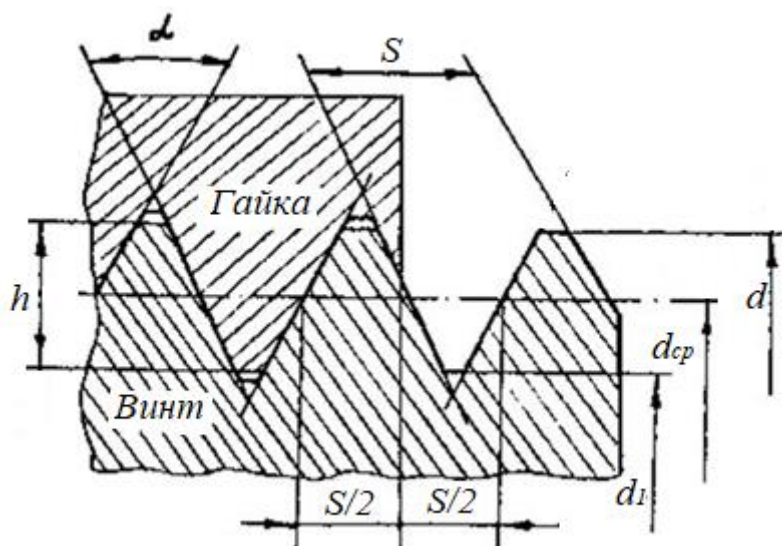


Рисунок 10 – Основные параметры резьбового соединения

Дюймовой резьба называется потому, что наружный диаметр измеряется в дюймах ($1'' = 25,4$ мм). Шаг резьбы задается числом ниток винтовой линии на 1 дюйм ($1''$) длины нарезанного стержня.

В нашей стране дюймовые резьбы (цилиндрические и конические) применяют для нарезки труб (трубные резьбы), а также для изготовления запасных частей к существующему оборудованию. При проектировании новых машин дюймовые резьбы не применяют, так как у нас принята метрическая резьба, на которую разработаны стандарты.

Упорную резьбу применяют в грузовых винтах при одностороннем направлении усилия; трапецеидальную – на винтах, – которые должны передавать усилие и движение (ходовые винты), а не скреплять детали; круглая резьба мало распространена в машинах и встречается, главным образом, в арматуре.

Если рассматривать различные профили резьб с точки зрения их прочности, то следует иметь в виду, что при одном и том же внутреннем диаметре d_1 и шаге резьбы S наиболее прочной будет резьба с треугольным профилем. Менее прочная резьба упорная; еще менее прочная – трапецеидальная; относительно самой слабой должна быть прямоугольная резьба; у круглой – повышенная динамическая прочность благодаря наличию плавных закруглений.

Обычные резьбовые соединения чаще всего состоят из болта (винта) в гайки. Разновидностью болтов являются шпильки (стержни с резьбой на обоих концах).

Стопорящие устройства предотвращают самоотвинчивание резьбовых соединений, воспринимающих переменные и ударные нагрузки или подверженных вибрации, которая понижает трение и нарушает условие самоторможения в резьбе.

Существует очень много способов стопорения или предохранения от самоотвинчивания.

1.1.4. Резьбы цилиндрические

Резьба метрическая

Профиль резьбы установлен ГОСТ 9150-81 и представляет собой треугольник с углом при вершине 60° (рис. 11).

Это основной вид крепежной резьбы, предназначенной для соединения деталей непосредственно друг с другом или с помощью стандартных изделий, имеющих метрическую резьбу, таких как болты, винты, шпильки, гайки.

Основные элементы и параметры ее задаются в миллиметрах (ГОСТ 24705-81).

Согласно ГОСТ 8724-81 метрические резьбы выполняются с крупным и мелким шагом на поверхностях диаметров от 1 до 68 мм – свыше 68 мм резьба имеет только мелкий шаг, причем мелкий шаг резьбы может быть разным для одного и того же диаметра, а крупный имеет только одно значение. Крупный шаг в условном обозначении резьбы не указывается. Например: для резьбы диаметром 10 мм крупный шаг резьбы равен 1,5 мм, мелкий – 1,25; 1; 0,75; 0,5 мм.

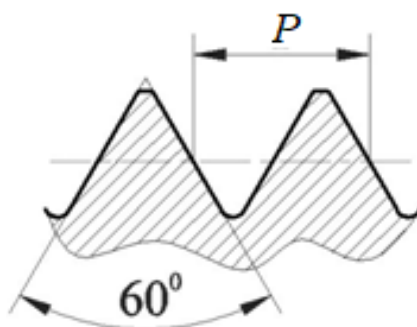


Рисунок 11 – Профиль метрической резьбы

Примеры условного обозначения:

M18-6g резьба метрическая наружная номинальный диаметр 18 мм шаг крупный, поле допуска резьбы 6g;

M18x0,5-6g резьба метрическая наружная номинальный диаметр 18 мм, поле допуска резьбы 6g, шаг мелкий $P=0,5$;

M18LH-6g резьба метрическая наружная номинальный диаметр 18 мм шаг крупный, поле допуска резьбы 6g, левая;

M18-6H резьба метрическая внутренняя номинальный диаметр 18 мм шаг крупный, поле допуска резьбы 6H.

Резьба дюймовая

В настоящее время не существует стандарт, регламентирующий основные размеры дюймовой резьбы. Ранее существовавший ОСТ НКТП 1260 отменен, и применение дюймовой резьбы в новых разработках не допускается.

Резьба треугольного профиля с углом при вершине 55° (рис. 12).

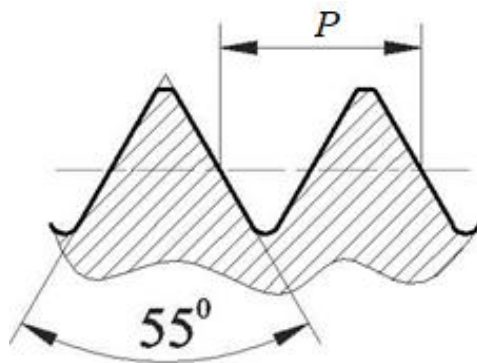


Рисунок 12 – Профиль дюймовой резьбы

Трубная резьба

В соответствии с ГОСТ 6367-81 трубная цилиндрическая резьба имеет профиль дюймовой резьбы, т. е. равнобедренный треугольник с углом при вершине, равным 55° (рис. 13). Скругленные вершины и впадины в купе с отсутствием зазоров по ним обеспечивают хорошую герметичность соединения.

Резьба стандартизована для диаметров от 1/16" до 6" при числе шагов z от 28 до 11. Номинальный размер резьбы условно отнесен к внутреннему диаметру трубы (к величине условного прохода). Так, резьба с номинальным диаметром 1 мм имеет диаметр условного прохода 25 мм, а наружный диаметр 33,249 мм.

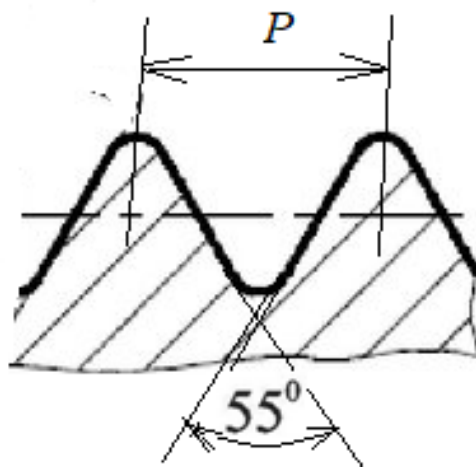


Рисунок 13 – Профиль трубной цилиндрической резьбы

Примеры условного обозначения:

$G1\frac{1}{2}-A$ резьба трубная цилиндрическая, $1\frac{1}{2}$ условный проход в дюймах, класс точности А;

$G1\frac{1}{2}LN-B-40$ резьба трубная цилиндрическая, $1\frac{1}{2}$ условный проход в дюймах, левая, класс точности В, длина свинчивания 40 мм.

Обозначение резьбы задают в дюймах (один дюйм равен 25,4 мм) по внутреннему диаметру трубы.

Трапецеидальная резьба

Резьба с профилем в виде равнобочной трапеции с углом 30° (рис. 14). Применяется для передачи возвратно-поступательного движения или вращения в тяжело нагруженных подвижных резьбовых соединениях. Часто используется при изготовлении ходовых винтов, согласно ГОСТ 24738-81 выполняется на поверхностях диаметров от 8 до 640 мм.

Трапецеидальная резьба может быть *однозаходной* (ГОСТ 24738-81, ГОСТ 24737-81) и *многозаходной* (ГОСТ 24739-81). ГОСТ 9484-81 устанавливает профиль трапецеидальной резьбы.

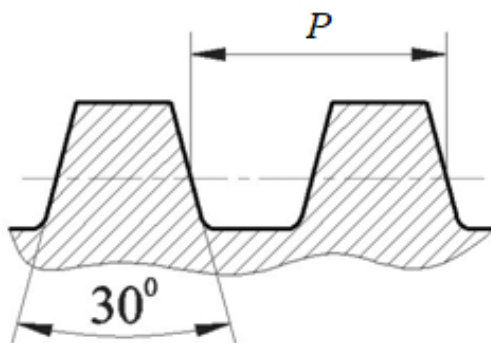


Рисунок 14 – Профиль трапецеидальной резьбы

Пример условного обозначения:

$Tr40 \times 6$ – трапецеидальная однозаходная резьба с наружным диаметром 40 мм, шагом 6 мм.

Резьба упорная

Резьба с профилем в виде неравнобокой трапеции с углом рабочей стороны 3° и нерабочей – 30° (рис. 15). Упорная резьба, как и *трапецеидальная*, может быть *однозаходной* и *многозаходной*. Выполняется на поверхностях диаметров от 10 до 640 мм (ГОСТ 10177-82). Применяется для передачи больших усилий, действующих в одном направлении: в домкратах, прессах и т. д.

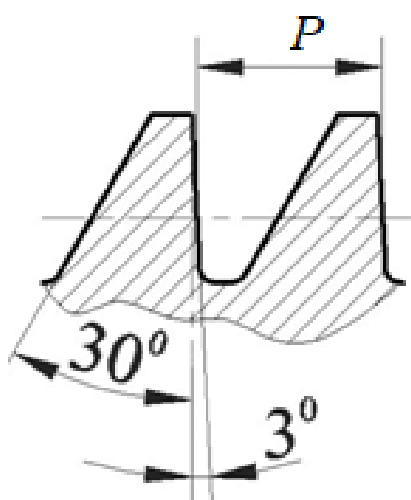


Рисунок 15 – Профиль упорной резьбы

Пример условного обозначения:

$S80X10$ – упорная однозаходная резьба с наружным диаметром 80 мм, шагом 10 мм;

$S80X20(P10)$ – упорная многозаходная резьба с наружным диаметром 80 мм, величина хода 20 мм, шаг 10 мм

Резьба прямоугольная (квадратная)

Резьба с прямоугольным (или квадратным) нестандартным профилем, поэтому все ее размеры указываются на чертеже. Применяется для передачи движения тяжело нагруженных подвижных резьбовых соединений. Обычно выполняется на грузовых и ходовых винтах (рис. 16).

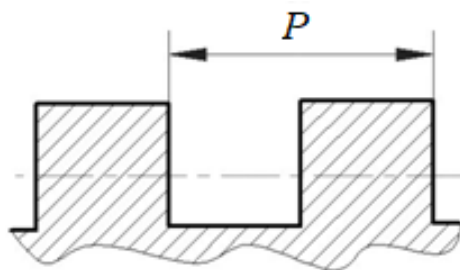


Рисунок16 – Профиль прямоугольной резьбы

Резьба круглая

Резьба с круглым профилем (ГОСТ 9484-81) (рис. 17). Обладает сравнительно большим сроком службы и повышенным сопротивлением при значительных нагрузках. Применяется для часто свинчиваемых соединений (шпиндели, вентили и т. д.), работающих в загрязненной среде, а также для тонкостенных деталей с накатанной или штампованной резьбой, например, цоколь электролампы.

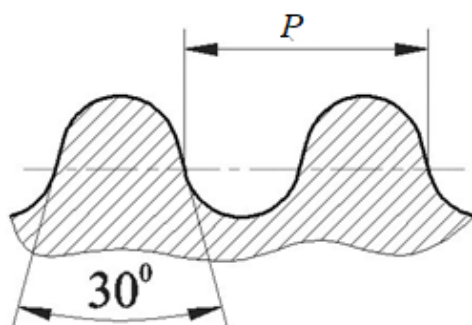


Рисунок 17 – Профиль круглой резьбы

Пример условного обозначения:

Rd16 – круглая резьба с наружным диаметром 16 мм.

Если резьба круглая применяется в соединениях санитарно-технической арматуры, то обозначение будет следующим: Kp12x 2,54 Г.

1.1.5. Резьбы конические

Метрическая коническая резьба с конусностью 1:16 применяется для конических резьбовых соединений, а также в соединениях наружной конической резьбы с внутренней цилиндрической резьбой с профилем по ГОСТ 9150-81.

Профиль внутренней цилиндрической резьбы, соединяемой с наружной конической, должен иметь плоскосрезанную впадину.

Примечание. При отсутствии особых требований к плотности или при применении уплотнителей для достижения герметичности резьбового соединения форма впадины конической (наружной и внутренней) и цилиндрической (внутренней) резьбы не регламентируется.

Профиль метрической конической резьбы (наружной и внутренней) приведен на рисунок 18.

Обозначение резьбы должно состоять из букв МК (для конической резьбы) или М (для внутренней цилиндрической резьбы), номинального диаметра, шага и номера стандарта (для внутренней цилиндрической резьбы), например:

МК20 x 1,5;
М20 x 1,5 ГОСТ 25229-82.

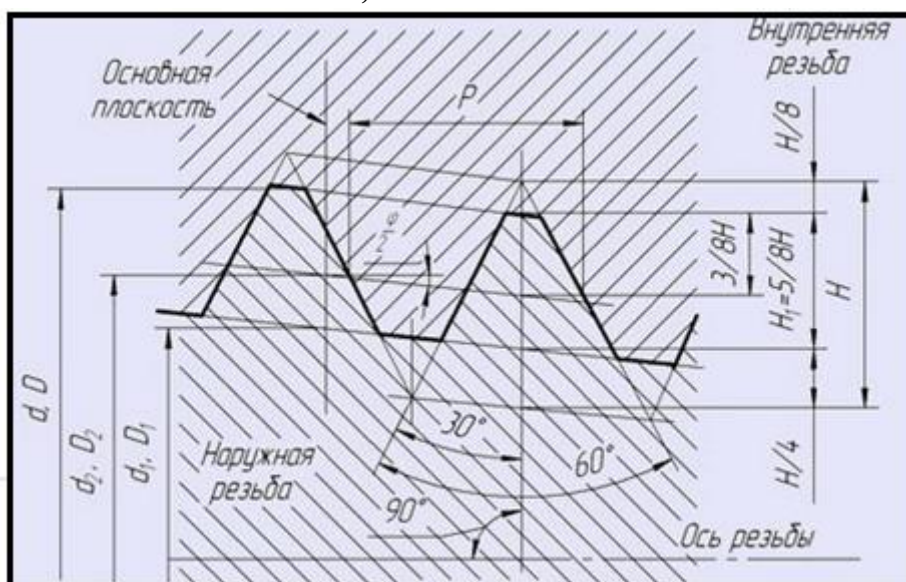


Рисунок 18 – Профиль метрической конической резьбы:

d, D – наружные диаметры соответственно наружной и внутренней резьбы; d_2, D_2 – средние диаметры соответственно наружной и внутренней резьбы; d_1, D_1 – внутренние диаметры соответственно наружной и внутренней резьбы; P – шаг резьбы; H – высота исходного треугольника; ϕ – угол конуса; $\phi/2$ – угол уклона.

Герметичность соединения является следствием отсутствия радиальных зазоров в резьбе.

Резьба коническая дюймовая с углом профиля 60°.

Дюймовая коническая резьба предназначена для резьбовых соединений топливных, масляных, водяных и воздушных трубопроводов машин и станков. Конические резьбы, применяемые,

главным образом, в соединениях труб, ранее стандартизовались на основе дюймовой системы мер. Наибольшее применение получили трубная коническая резьба и коническая дюймовая резьба с углом профиля 60° . В настоящее время в мировой практике все больше распространение получает коническая метрическая резьба, одним из преимуществ которой является возможность получения соединения наружной конической, с внутренней цилиндрической метрической резьбой. Перспективы применения конической дюймовой резьбы с углом профиля 60° весьма ограничены в связи с внедрением конической метрической резьбы.

Существенным недостатком конической дюймовой резьбы является то, что она не имеет согласованной с ней цилиндрической резьбы и, следовательно, не позволяет получить коническо-цилиндрические соединения.

Угол профиля дюймовой конической резьбы равен 60° . Биссектриса угла профиля перпендикулярна оси трубы. Шаг резьбы задается числом ниток на 1° и измеряется параллельно оси трубы. Угол наклона конуса $\phi/2$ равен $1^\circ 47' 24''$.

Основная плоскость трубы при свинчивании без натяга совпадает с торцом муфты.

Коническая дюймовая резьба имеет притупление вершины и впадины, притупления витков этой резьбы значительно меньше притуплений метрической крепежной резьбы, что способствует достижению непроницаемости.

Резьба коническая дюймовая с углом профиля 60° изготавливается по ГОСТ 6111-52. Принятый в стандартах номинальный профиль показан на рис. 19.

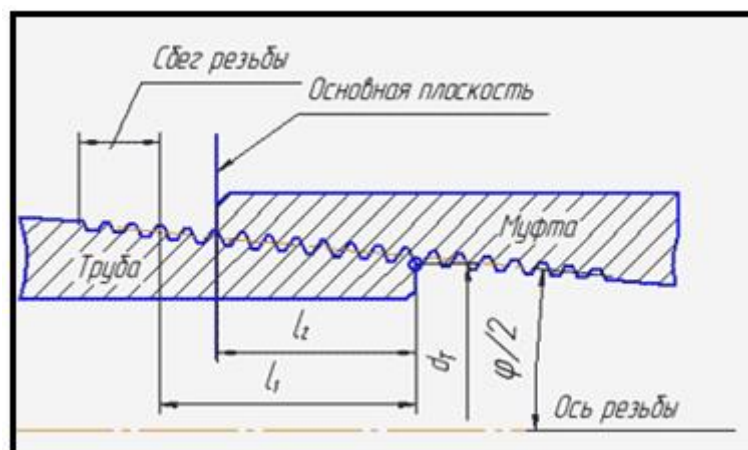


Рисунок 19 – Номинальный профиль конической дюймовой резьбы

Основные размеры резьбы указаны на рис. 20.

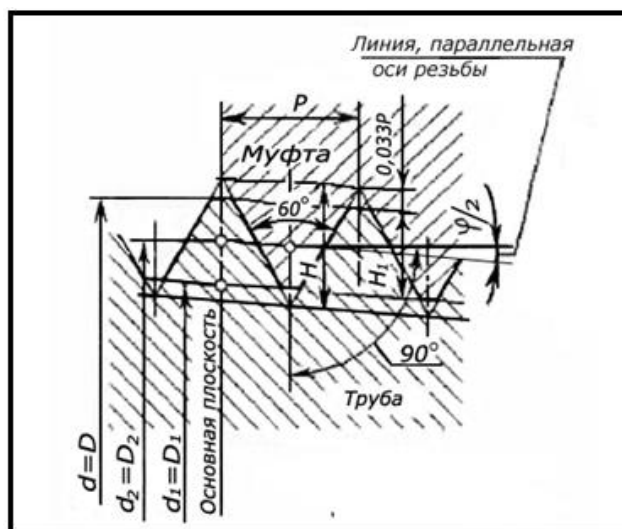


Рисунок 20 – Размеры конической дюймовой резьбы

1.1.6. Крепежные детали

Крепёжные детали – детали для неподвижного соединения частей машин и конструкций. К ним обычно относят детали резьбовых соединений: *болты, винты, шпильки, гайки, шурупы, шайбы, шплинты*, а также *штифты*.

Основным параметром резьбовых крепежных деталей является резьба, форма и размеры которой соответствуют стандартам.

Болт (рис. 21) – крепёжная деталь для разъёмного соединения частей машин и сооружений в виде стержня с резьбой на одном конце и шести- или четырёхгранной головкой на другом. Конструкции болтов весьма разнообразны в зависимости от назначения болтового соединения. Болты изготавливают из углеродистой, низколегированной или специальной стали, латуни и др.



Рисунок 21 – Болт

Винт (рис. 22) – изделие цилиндрической или конической формы с резьбовой поверхностью. Различают винты, с потайной, полупотайной, полукруглой, шестигранной, цилиндрической и гладкой головками.



Рисунок 22 – Винт

Гайка (рис. 23) – деталь резьбового соединения или винтовой передачи, имеющая отверстие с резьбой.

Крепёжная гайка в резьбовом соединении навинчивается на конец болта или шпильки или же на резьбовой участок вала, оси для закрепления от осевого перемещения сидящих на них деталей – подшипников качения, шкивов и т. п.

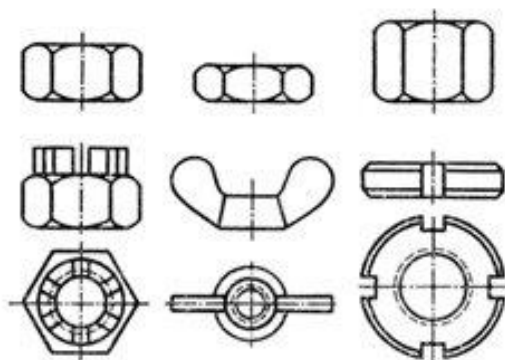


Рисунок 23 – Гайки

Шпилька – крепёжная деталь, представляющая собой металлический стержень с резьбой на обоих концах (рис.24). Конец шпильки ввинчивается в одну из соединяемых деталей, а другая деталь прижимается к первой при навинчивании гайки на другой конец шпильки.



Рисунок 24 – Шпилька

Шайба (рис. 25) – деталь, подкладываемая под гайку или головку болта для предупреждения смятия поверхностей соединяемых деталей, предохранения их от царапин при завинчивании гаек, винтов и для перекрытия зазора между стержнем болта и отверстием в деталях.

Шайбы общего назначения применяют для увеличения площади опоры, если опорная поверхность из мягкого материала или неровная, а также если отверстие под винт продолговатое или увеличенного диаметра. Косую и сферические шайбы используют для устранения перекоса гайки или головки винта при затяжке. Быстро-съемную шайбу применяют в приспособлениях для экономии времени на снятие обработанной детали и установку новой. Пружинная шайба уменьшает опасность самоотвинчивания винтов или гаек благодаря силам упругости сжатой шайбы.

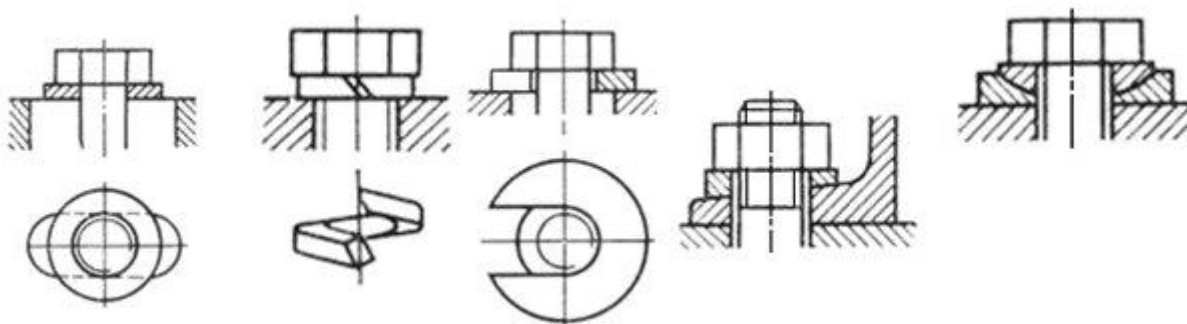


Рисунок 25 – Шайбы

Стопорная (запирающая) шайба путём отгибания её частей устраняет возможность поворота гайки или винта относительно опорной детали или вала (рис. 26).

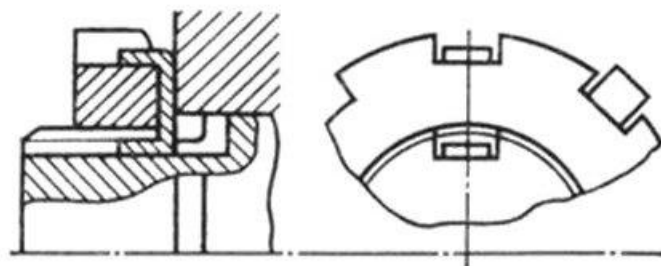


Рисунок 26 – Стопорная шайба

Шплинт – проволочный стержень полукруглого сечения, согнутый почти пополам (рис. 27). Используется в качестве фиксирующего элемента слабо нагруженных сопряжённых деталей и для предотвращения самоотвинчивания гаек. Вставляется в сквозное отверстие, выступающие концы разводятся (для удобства разведения одна половинка шплинта делается длиннее другой). Изготавливается из углеродистой стали.



Рисунок 27 – Шплинт

Штифт – цилиндрический или конический стержень для неподвижного соединения деталей, часто в строго определённом положении, а также для передачи относительно небольших нагрузок (рис. 28). Для постановки штифта детали соединяются и закрепляются. Затем в них просверливается и развёртывается отверстие, куда и вставляется штифт. Конический штифт, в отличие от цилиндрического, может использоваться многократно без уменьшения точности расположения деталей.



Рисунок 28 – Штифты

Болтами, гайками и шайбами осуществляют **болтовые соединения** (рис. 29), при которых не требуется нарезания резьбы в

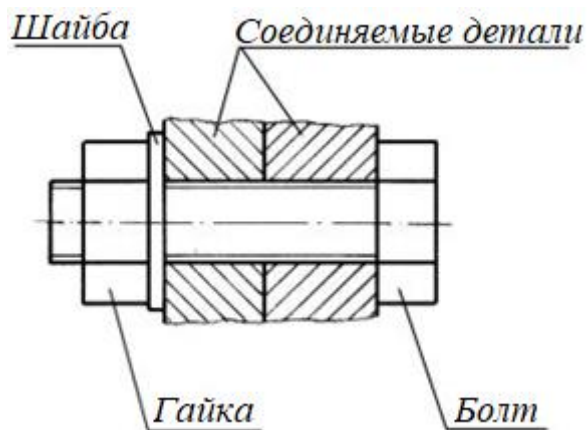


Рисунок 29 – Болтовое соединение

Стопорные шайбы и шплинты предотвращают самоотвинчивание болтов и гаек при вибрациях и ударах.

Если размещение болтов затруднено или нежелательно делать сквозное отверстие в деталях, используют винты и шпильки.

1.1.7. Стандартные крепежные детали

Болты. Наибольшее распространение в машиностроении получили болты с шестигранной головкой под ключ (рис. 30,а), как более надежные (по усилию затяжки) и удобные в эксплуатации. Для затяжки их нужен относительно небольшой поворот ключа (на $1/6$ оборота) до перехвата на следующие грани.

Выпускают болты с нормальной и уменьшенной шестигранной головкой. Например, для болта М12 класса точности В высота головки k , ширина e и размер под ключ S (рис. 30, а) составляют: а) для болта с нормальной головкой: $k = 8$ мм; $e = 19,9$ мм; $S = 18$ мм; б) для болта с уменьшенной головкой $k = 7$ мм; $e = 18,7$ мм; $S = 17$ мм.

Уменьшенная головка позволяет некоторое уменьшение ширины фланцев (опорной поверхности), что в свою очередь снижает массу конструкции. Болты с уменьшенной шестигранной головкой получили в настоящее время широкое применение.

Необходимая длина болта l (рис. 30, а) устанавливается при разработке конструкции соединения и округляется до ближайшей стандартной. Для каждого болта с номинальным диаметром резьбы

d в стандарте указывается длина резьбы b . При $l \leq b$ болты изготавливают с резьбой по всей длине стержня.

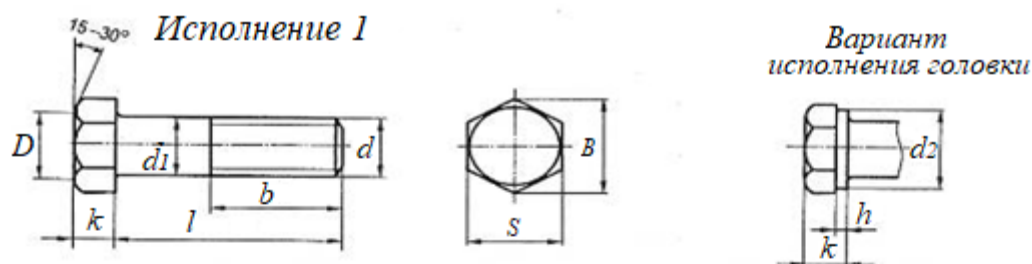
Болты с нормальным стержнем и шестигранной головкой (рис. 30, а) применяют в резьбовых соединениях как с намертной гайкой, так и в качестве ввертных (без гайки). Их устанавливают с зазором в гладкие отверстия диаметром d_0 , где $d_0 = d + (1 \dots 3)$ мм. Величина зазора зависит от точности сборки и назначения соединения.

Кроме рассмотренных форм стержней, изготавливают болты с подголовком (рис. 30, в), а также со стержнем уменьшенного диаметра ненарезанной части для повышения упругой податливости и сопротивления усталости болта при переменных и ударных нагрузках (рис. 30, г). На ненарезанной части болта иногда предусматривают пояс для центрирования.

К специальным болтам относят конические болты и грузовые, называемые рым – болтами.

Конические (призонные) болты (рис. 30, д) представляют собой конические штифты, предназначенные для предотвращения сдвига соединяемых деталей. Их устанавливают в конические отверстия и затягивают с помощью резьбы.

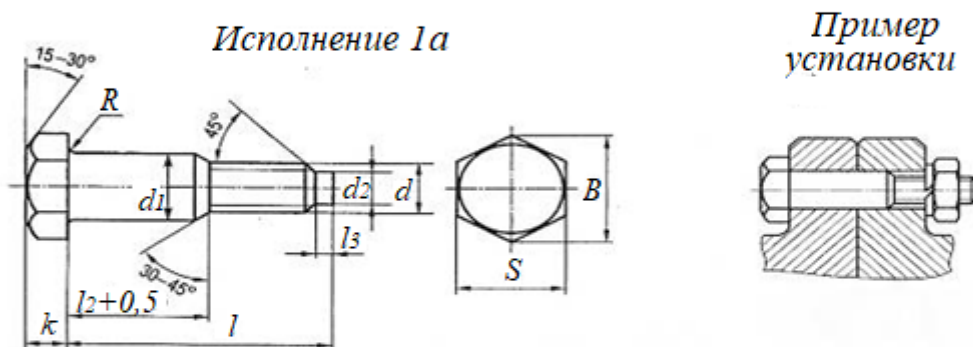
Рым – болты (рис. 30, е) имеют вместо головки кольцо для захвата и служат для поднятия узлов машин.



Пример условного обозначения
 Болт исполнения 1 с диаметром резьбы $d = 12$ мм,
 с крупным шагом и полем допуска 6g, длиной $l = 60$ мм,
 класса прочности 5.8, без покрытия

Болт М 12-6g × 60. 5 8 ГОСТ 7798-70

а



Примеры условного обозначения

Болт исполнения 1а с диаметром резьбы $d=12$ мм с крупным шагом и полем допуска 6g, длиной $l=60$ мм, класса прочности 5.8 без покрытия

Болт М 12 - 6g × 60.58 ГОСТ 7817-80

То же с мелким шагом и полем допуска 6g, длиной $l=60$ мм, класса прочности 10.9 из стали 40Х с покрытием 01 толщиной 9 мкм

Болт М 12 - 6g × 109.40Х.019 ГОСТ 7817-80

б

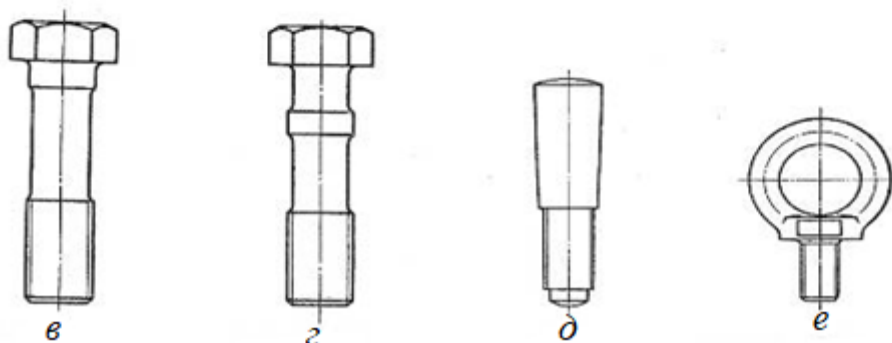


Рисунок 30 – Конструктивные формы болтов:

а - болт с шестигранной головкой под ключ; б - болт с шестигранной уменьшенной головкой класса точности А для отверстий из-под развертки;
 в - болт с подголовком; г-болт с повышенной податливостью; д - конический (призонный) болт; е - грузовой болт (рым-болт)

Кроме рассмотренных, существует большое количество и других специальных болтов различных конструкций и назначения.

Винты. Из **крепежных** винтов наибольшее распространение получили *винты с цилиндрической головкой и внутренним шестигранником под ключ* (рис. 31, а). Они позволяют уменьшить размеры фланца (опорной поверхности), удобны для частичного или полного углубления цилиндрической головки в тело детали. Особенно преимущества такой конструкции головки винта проявляются тогда, когда на плоскости требуется размещение других деталей (установка винта «впотай»), или в целях улучшения внешнего вида изделия. Для этих винтов применяют ключи в виде шестигранного прутка, изогнутого под углом 90° .

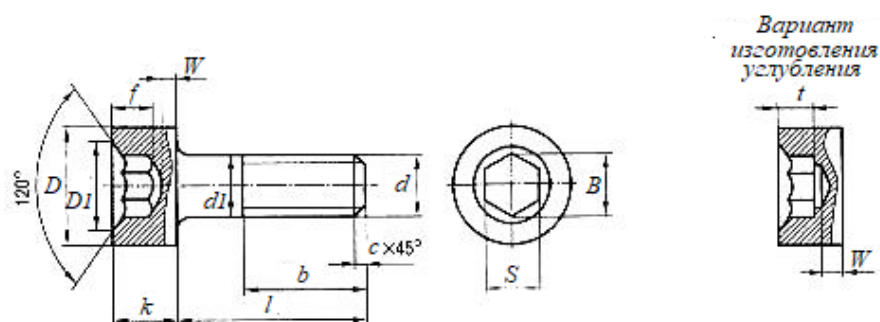
При $l \leq b$ (рис. 31, а) винты изготавливают с резьбой по всей длине стержня. Размеры винтов: $k=d_1=d$; для $d=10, 12, 14$ и 16 мм размер под ключ S соответственно равен 8, 10, 12 и 14 мм.

Головки винтов с внутренним шестигранником выполняют высадкой.

Крепежные винты с головкой под отвертку (рис. 31, б...е) обладают теми же преимуществами, что и винты с цилиндрической головкой и внутренним шестигранником под ключ (габариты, внешний вид и др.). Однако отверткой невозможно обеспечить хорошую затяжку, что является недостатком этих винтов. Сильную затяжку можно обеспечить установкой навертной гайки на концевом резьбовом участке винта. В таком случае затяжку производят за гайку обычным ключом, а отвертку используют для задержки винта от проворачивания. Однако данный способ применим только при наличии места для расположения гайки и ключа для ее завинчивания.

На рис. 31, б...е представлены основные типы крепежных винтов с головкой под отвертку: с цилиндрической (б), цилиндрической скругленной (в), полукруглой (г), полупотайной (д) и потайной (е) головками.

Головки по обычную отвертку (с одним пазом, называемым шлицем) применяют для малых сил затяжки. Крестообразные пазы под отвертку обеспечивают затягивание винтов с большим усилием, обеспечивают устойчивость инструмента при завинчивании, что облегчает как ручное, так и механизированное завертывание винтов.



Пример условного обозначения:
Винт с диаметром резьбы М 12 с крупным шагом
и полем допуска 6g, длиной 40 мм, класс прочности
6.8 без покрытия

Винт М 12 - 6g×40.68 ГОСТ 11738-84

а

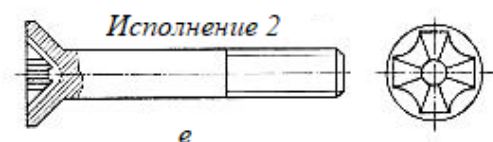
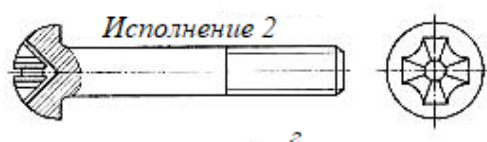
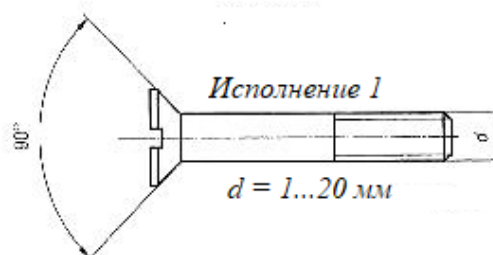
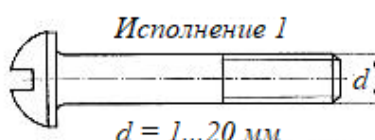
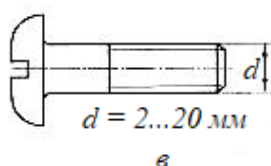
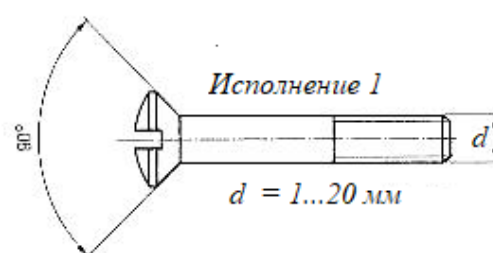
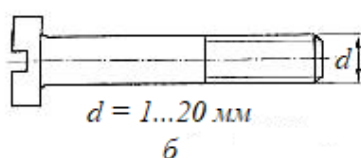


Рисунок 31 – Крепежные винты :

а – винт с цилиндрической головкой и внутренним шестигранником под ключ; б...е – винты с головкой под отвертку (б – с цилиндрической головкой; в – с цилиндрической скругленной головкой; г – с полукруглой головкой; д – с полупотайной головкой; е – с потайной головкой)

Крепежные винты с головкой под отвертку изготавливают с номинальным диаметром резьбы $d = 1 \dots 20$ мм и длиной от 2 до 120 мм.

Установочные винты применяют для фиксации положения деталей. В соединениях установочные винты выполняют вспомогательную роль: они служат для устранения сдвига деталей при действии случайных и рабочих нагрузок.

Наиболее распространены установочные винты с коническим концом (рис. 32, а, в) и цилиндрическим (рис. 32, б, г). Их выполняют с прямым шлицем (рис. 32, а, б) и шестигранным углублением под ключ (рис. 32, в, г). Углубляясь в специальные отверстия вала (рис. 32, д), они могут воспринимать значительные усилия. Однако следует иметь в виду, что эти отверстия на валу сверлят в процессе сборки деталей, что может засорить изделие металлическими стружками. Поэтому нежелательно применение установочных винтов для закрепления на валу деталей, расположенных внутри корпуса и, особенно, над масляной ванной.

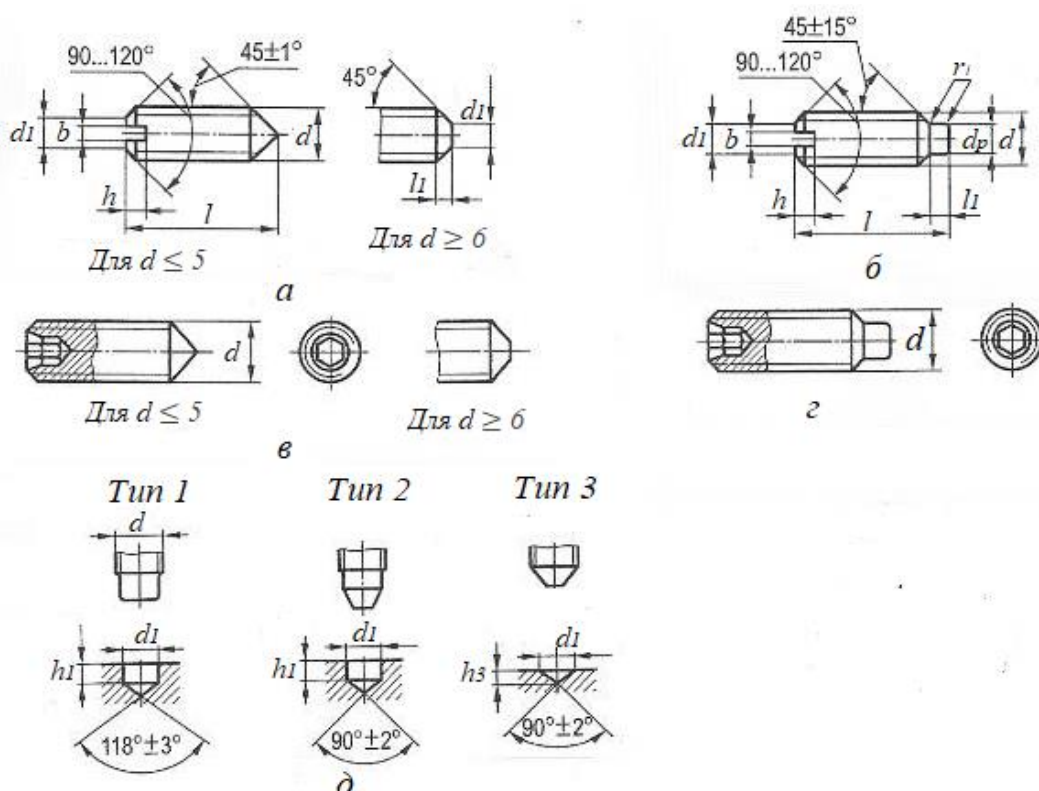


Рисунок 32 – Установочные винты:

а, в – с коническим концом; б, г – с цилиндрическим концом
(а, б – с прямым шлицем; в, г – с шестигранным углублением под ключ);
д – формы отверстий в деталях для углублений концов винтов; е, ж – примеры применения установочных винтов

Все это ограничивает применение установочных винтов в крупносерийном и массовом производстве. В мелкосерийном и индивидуальном производстве установочные винты используют для закрепления на валу полумуфт, шкивов, звездочек и т.п. (рис. 32, е).

Широко применяют установочные винты с коническим концом для фиксации наружного кольца подшипника фиксирующей опоры вала в различных узлах машин (рис. 32, ж).

Шпильки. На рис. 33 приведены основные конструкции шпилек. На рис. 33, а показана шпилька общего назначения. Шпильку ввинчивают в деталь концом с резьбой длиной b_1 , конец шпильки с резьбовым концом длиной b предназначен для навинчивания гайки. Для этих шпилек стандартами установлены следующие длины b_1 .

$b_1 = d$ – для отверстий в стальных, бронзовых и латунных деталях с относительным удлинением $\geq 8\%$, а также в деталях из титановых сплавов;

$b_1 = 1,25d$, $b_1 = 1,6d$ – для отверстий в деталях из ковкого и серого чугуна, допускается применять в деталях из стали и бронзы с относительным удлинением $< 8\%$;

$b_1 = 2d$, $b_1 = 2,5d$ – для отверстий в деталях из легких сплавов, а также в тех случаях, когда по условиям эксплуатации соединения шпильки многократно ввинчивают в деталь и вывинчивают из нее.

Шпильки общего назначения выпускают нормального В и повышенного А классов точности. Материал, термическую обработку и покрытие выбирают так же, как для болтов и винтов.

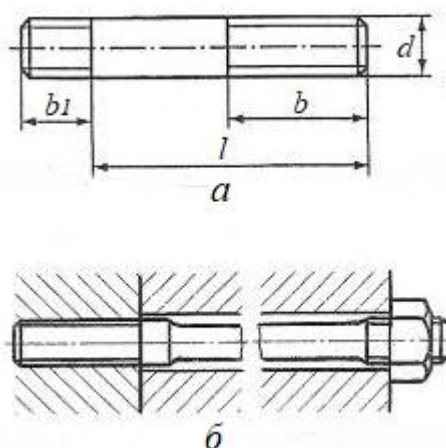


Рисунок 33 – Шпильки

На практике, особенно при переменной внешней нагрузке, широко применяют облегченные шпильки повышенной податливо-

сти (рис. 33, б). В средней части такой шпильки диаметр стержня, на котором отсутствует резьба, уменьшают до внутреннего диаметра резьбы или иногда принимают равным $0,6...0,8$ наружного диаметра резьбы d . Переходы между участками стержня выполнены плавной галтелью. Применение шпилек повышенной податливости является хорошей защитой их от усталостного разрушения.

Соединение на шпильках расширяет свободу формообразования (рис. 34). Применение шпилек позволяет сохранить фланцевую форму (рис. 34, а) или при тех же координатах расположения шпильки сделать большими размеры одной из деталей (рис. 34 б...д) с целью увеличения ее жесткости.

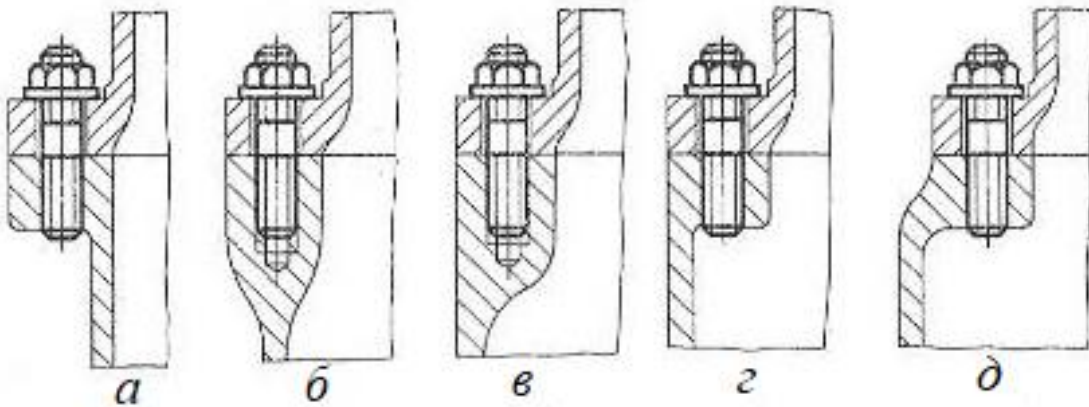


Рисунок 34 – Формоизменение корпусной детали, допускаемое применением шпилек

Гайки. Различают гайки *общего и специального назначения* (табл. 1). Основным типом гаек так же, как и головок болтов, являются *шестигранные гайки общего назначения* классов точности А, В, С.

По высоте m гайки бывают нормальные ($m = 0,8d$), низкие ($m = 0,5...0,6d$), высокие ($m=1,2d$) и особо высокие ($m = 1,6d$).

Наибольшее применение имеют нормальные гайки классов точности В и А. Для них приблизительно соблюдается условие равнопрочности гайки и резьбового стержня.

Низкие гайки применяют в тех случаях, когда стержень болта (винта, шпильки) оказывается недогруженным осевой силой (болты для отверстий из-под развертки или работающие на срез и т. д.), а также в качестве контргаяк.

Высокие и особо высокие гайки применяют в часто разбираемых соединениях, например в приспособлениях. Это связано с тем, что при частых разборках и сборках наблюдается износ резьбы и обмятие граней ключом.

При недостатке места под ключ шестигранные гайки выполняют с уменьшенным размером под ключ.

Прорезные и корончатые гайки используют при необходимости стопорения гаек шплинтами (рис. 39, а).

К гайкам *специального назначения* относятся *круглые гайки, колпачковые и гайки барашки*.

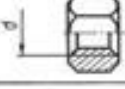
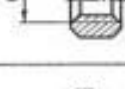
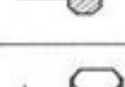
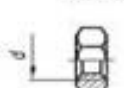
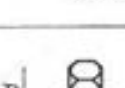
Из круглых гаек наиболее широко применяются *шлицевые гайки* класса точности А. Их устанавливают обычно с многолапчатой стопорной шайбой (рис. 35, з), используя для крепления деталей на валах, смещения внутренних колец подшипников при их регулировании и т. д.

Колпачковые гайки повышают безопасность их эксплуатации, позволяют улучшить внешний вид конструкции, в отдельных случаях способствуют предотвращению утечки жидкости, смазочных материалов и т. д.

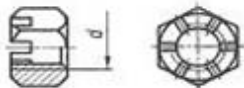
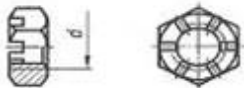
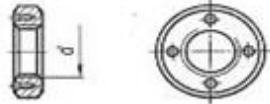
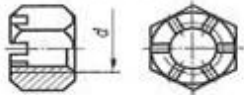
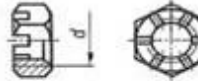
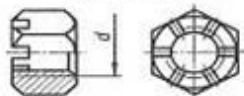
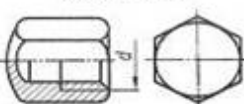
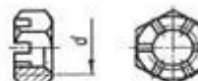
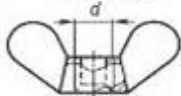
Гайки – барашки используют при частом закручивании и откручивании, когда потребная сила затяжки невелика. Их выполняют с двумя ушками и применяют при закручивании вручную.

Таблица 1

Гайки общего и специального назначения

Наименование	Эскиз	d, мм	Наименование	Эскиз	d, мм
Гайки шестигранные класса точности В (ГОСТ 5915-70)	Исполнение 1  Исполнение 2 	1,6-48	Гайки шестигранные класса точности С (ГОСТ 15526-70)	Исполнение 1  Исполнение 2 	5-48
Гайки шестигранные низкие класса точности В (ГОСТ 5916-70)	Исполнение 1  Исполнение 2 	1-48	Гайки шестигранные класса точности А (ГОСТ 5927-70)	Исполнение 1  Исполнение 2 	1-48
Гайки шестигранные с уменьшенным размером под ключ класса точности В (ГОСТ 15521-70)	Исполнение 1  Исполнение 2 	6-48	Гайки шестигранные низкие класса точности А (ГОСТ 5929-70)	Исполнение 1  Исполнение 2 	1-48
Гайки шестигранные низкие с уменьшенным размером под ключ класса точности В (ГОСТ 15522-70)	Исполнение 1  Исполнение 2 	6-48	Гайки шестигранные с уменьшенным размером под ключ класса точности А (ГОСТ 2524-70)	Исполнение 1  Исполнение 2 	8-48
Гайки шестигранные высокие класса точности В (ГОСТ 15523-70)	Исполнение 1  Исполнение 2 	3-48	Гайки шестигранные низкие с уменьшенным размером под ключ класса точности А (ГОСТ 2526-70)	Исполнение 1  Исполнение 2 	8-48
Гайки шестигранные особо высокие класса точности В (ГОСТ 15525-70)	Исполнение 1  Исполнение 2 	8-48	Гайки шестигранные высокие класса точности А (ГОСТ 15524-70)	Исполнение 1  Исполнение 2 	3-48
			Гайки шестигранные особо высокие класса точности А (ГОСТ 5931-70)	Исполнение 1  Исполнение 2 	8-48

Продолжение табл. 1

Наименование	Эскиз	d , мм	Наименование	Эскиз	d , мм
Гайки шестигранные прорезные с уменьшенным размером под ключ класса точности А (ГОСТ 2528-73)		8-48	Гайки шлицевые класса точности А (ГОСТ 11871-88)		8-120
Гайки шестигранные прорезные низкие с уменьшенным размером под ключ класса точности А (ГОСТ 5935-73)		8-48	Гайки круглые с отверстиями на торце под ключ (ГОСТ 6393-73)		8-120
Гайки шестигранные прорезные и корончатые класса точности А (ГОСТ 5932-73)	Исполнение 1  Исполнение 2 	4-48	Гайки круглые с радиально расположенными отверстиями (ГОСТ 8381-73)		2-20
Гайки шестигранные прорезные и корончатые низкие класса точности А (ГОСТ 5933-73)	Исполнение 1  Исполнение 2 	6-48	Гайки круглые со шлицем на торце (ГОСТ 10657-80)		2,5-20
Гайки шестигранные прорезные и корончатые класса точности В (ГОСТ 5918-73)	Исполнение 1  Исполнение 2 	4-48	Гайки колпачковые класса точности А (ГОСТ 11850-92)	Исполнение 1  Исполнение 2 	3-24
Гайки шестигранные прорезные и корончатые низкие класса точности В (ГОСТ 5919-73)	Исполнение 1  Исполнение 2 	6-48	Гайки-барашки (ГОСТ 3032-76)	Исполнение 1  Исполнение 2 	3-24

Шайбы. В резьбовых соединениях шайбы обычно подкладывают под гайку или головку винта.

Для предохранения деталей от задиrow и увеличения опорной поверхности применяют плоские шайбы (см. рис. 35, а). Они бывают точеные (рис. 35, б) и штампованные (рис. 35, в). Для предохранения резьбовых соединений от самоотвинчивания применяют стопорные шайбы: пружинные шайбы или шайбы Гровера (рис. 35, г), шайбы стопорные с внутренними зубьями (рис. 35, д), шайбы стопорные с наружными зубьями (рис. 35, е), шайбы стопорные с наружными зубьями под винты с потайной или полупотайной головкой (рис. 35, ж), а так же шайбы многолапчатые (рис. 35, з) для круглых шлицевых гаек.

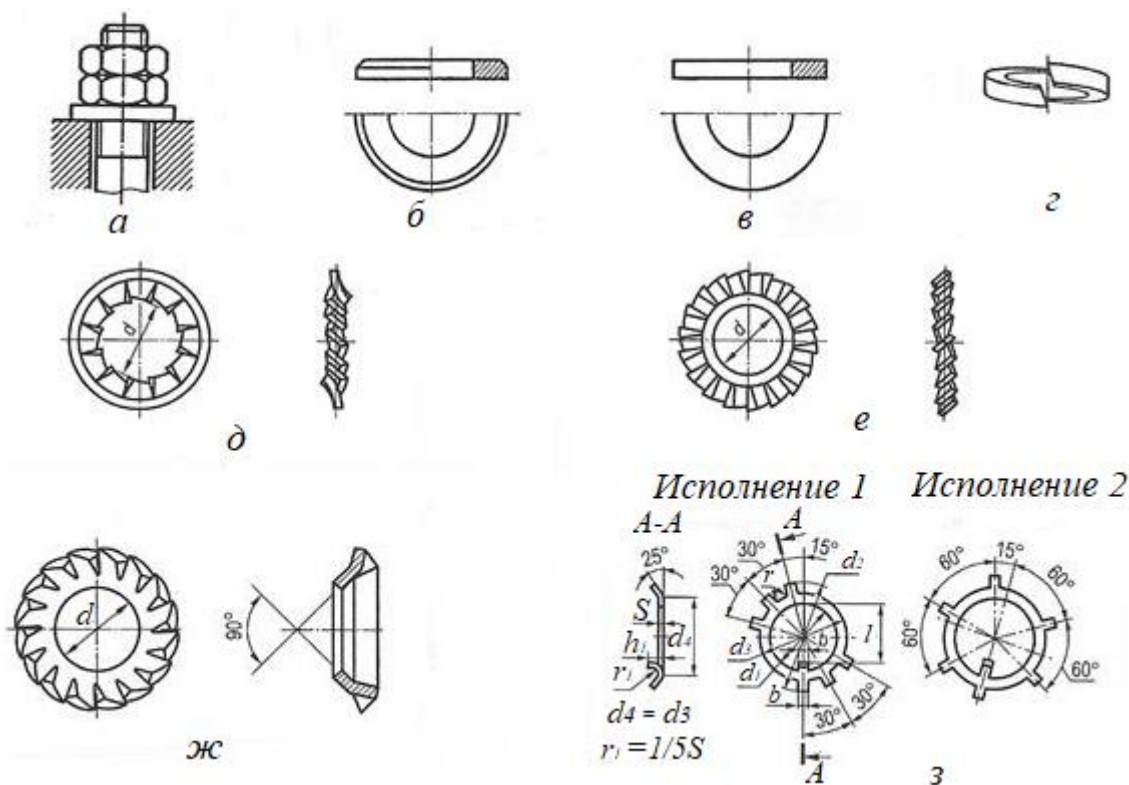


Рисунок 35 – Шайбы:

- а – шайба плоская (пример установки); б – шайба плоская точеная;
 в – шайба плоская штампованная; г – шайба пружинная (шайба Гровера);
 д – шайба стопорная с внутренними зубьями; е – шайба стопорная с наружными зубьями;
 ж – шайба стопорная с наружными зубьями под винты с потайной или полупотайной головкой;
 з – шайбы стопорные многолапчатые для круглых шлицевых гаек.

1.1.8. Способы стопорения резьбовых соединений

Все стандартные крепежные резьбы удовлетворяют условию самоторможения, так как их угол подъема резьбы ψ значительно меньше угла трения ϕ . Однако, как показывает опыт эксплуатации различных машин и механизмов, при вибрациях, а также при переменной и ударной нагрузке наблюдается ослабление затянутых резьбовых соединений и происходит самоотвинчивание гаек и винтов. Поэтому в конструкциях машин редко используют резьбовые соединения без специальных средств стопорения.

Основными способами стопорения резьбовых соединений в настоящее время являются:

1. Стопорение дополнительным трением с помощью упругих шайб (пружинных и стопорных).

Наибольшее применение получили пружинные шайбы (Гровера) (см. рис. 36), обеспечивающие вследствие упругости шайбы постоянство сил трения при колебаниях осевой нагрузки. Благодаря врезанию острых срезов шайбы в торец гайки и плоскость детали эти шайбы повышают сцепление между гайкой, шайбой и деталью. Недостаток пружинных шайб – некоторое смещение нагрузки. Этого недостатка лишены осесимметричные стопорные шайбы с зубьями, равномерно расположенными по окружности (рис. 37).

Следует отметить, что стопорение упругими шайбами не относится к высоконадежным.

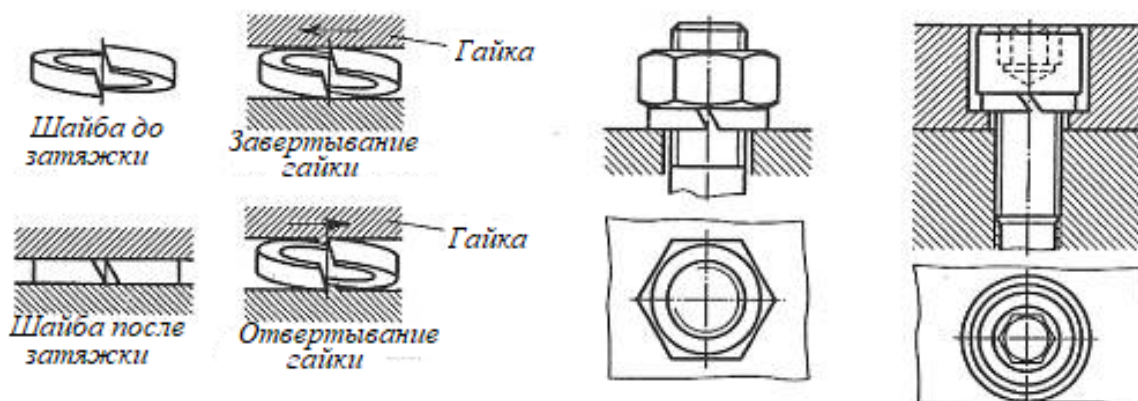


Рисунок 36 – Стопорение с помощью пружинной шайбы

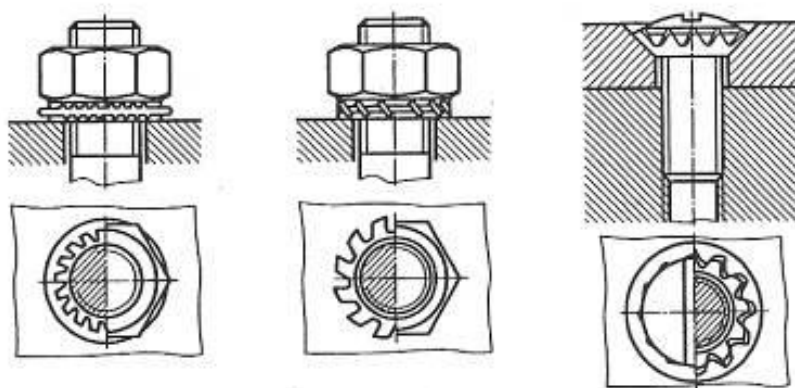


Рисунок 37 – Стопорение с помощью осесимметричных стопорных шайб

2. Стопорение с помощью деформируемых шайб (рис. 38) является весьма надежным и рекомендуется для закрепления деталей на вращающихся валах. Наиболее широко используется стопорение с помощью многолапчатой стопорной шайбы (рис. 38). Для ее применения на резьбовом стержне (или валу) делают узкий паз (типа шпоночного), в который вводят отогнутый внутренний выступ шайбы. Один из наружных выступов входит при его отгибе в паз круглой шлицевой гайки после завинчивания.

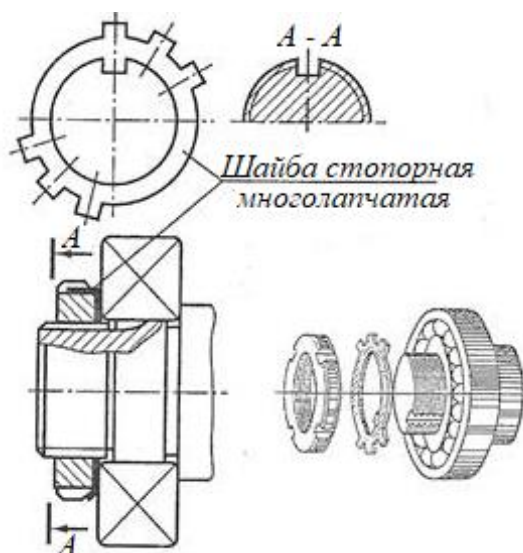


Рисунок 38 – Стопорение с помощью деформируемых шайб

3. Стопорение с помощью шплинтов (рис. 39, а), благодаря своей надежности, имеет широкое распространение в ответственных конструкциях. Шплинты представляют собой стержни, согнутые из проволоки полукруглого сечения и контактирующие плоскими сторонами. Они предназначены для стопорения прорезных и

корончатых гаек. Выпадению шплинта из отверстия препятствует петля на сгибе, в другую сторону – разведенные концы.

4. Стопорение проволокой (рис. 39, б) возможно для одного или группы болтов. Проволоку протягивают через просверленные в головках болтов отверстия таким образом, чтобы исключить возможность самоотвинчивания болтов (отвинчивание болтов вызывает увеличение натяжения проволоки).

5. Стопорение с помощью герметиков (рис. 40) получает в последнее время все большее распространение. Герметики представляют собой маловязкие пасты, обладающие хорошей проникающей способностью и адгезией. Они устойчивы к воздействию влаги, масла, температуры и динамических нагрузок. По составу герметики отличаются большим разнообразием. Для резьбовых соединений широко используют герметик Анатерм – 117В, который позволяет их демонтаж с помощью обычных гаечных ключей. Повторный монтаж резьбовых соединений, собранных на герметике, требует удаления его остатков, что составляет определенные неудобства.

Кроме перечисленных способов стопорения резьбовых соединений существуют и другие менее распространенные.

Наиболее старым средством стопорения резьбы является применение контргайки (рис. 35, а). Однако в настоящее время данный способ стопорения используют крайне редко из-за двойного расхода гаек и недостаточной надежности соединения.

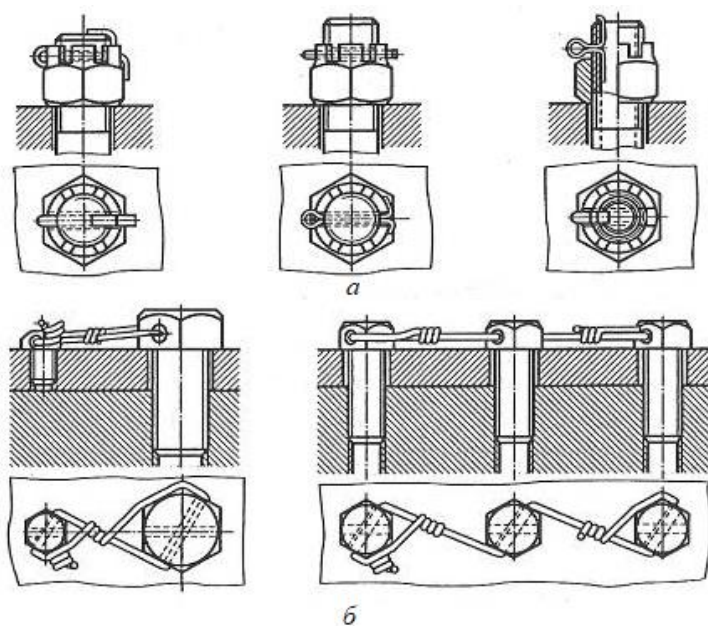


Рисунок 39 – Стопорение шплинтами (а) и проволокой (б)

Если соединение совсем не требует разборки в эксплуатации, применяют стопорение пластическим деформированием (например, кернением) или приваркой. Однако в данном случае резьбовое соединение превращается в неразъемное.

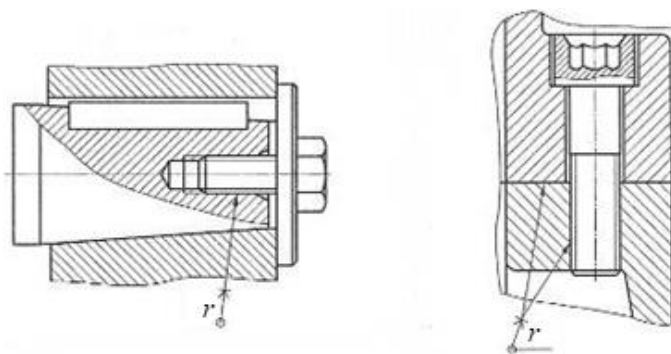


Рисунок 40 – Стопорение резьбовых соединений с помощью герметика

1.1.9. Классификация резьбовых соединений

Классификация резьбовых соединений приведена на рис. 41.

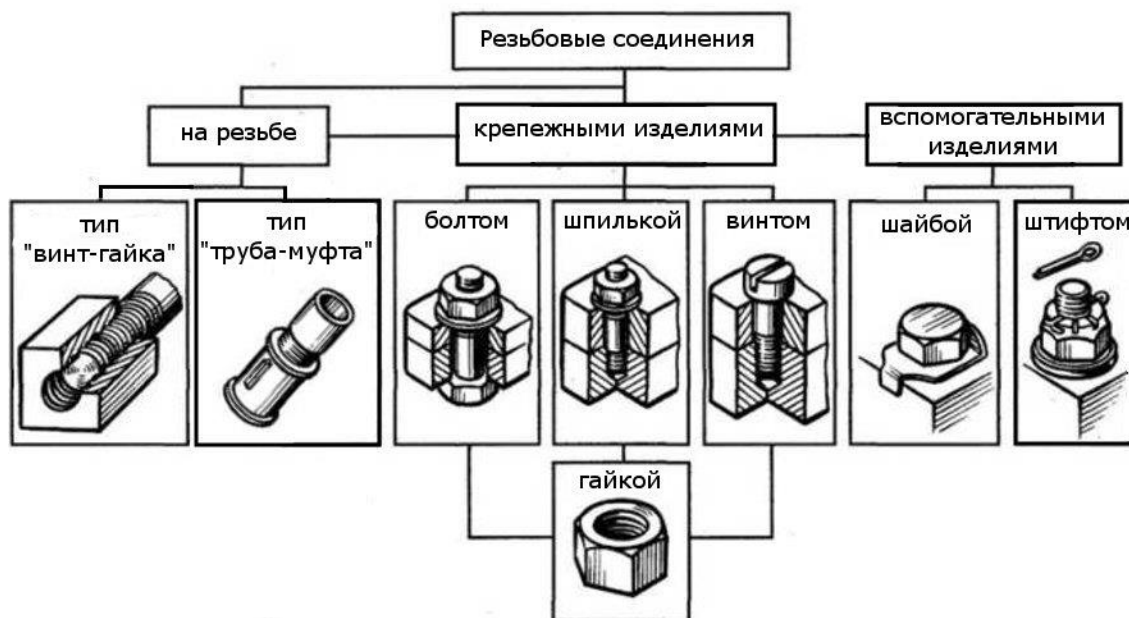


Рисунок 41 – Классификация резьбовых соединений

Резьбовые соединения – это наиболее распространенный тип **разъемного соединения** деталей машин, образованного при помощи винтовой (спиральной) поверхности, размещенной на входя-

щих одна в другую деталей с наружной и внутренней резьбой. В зависимости от конструкции и условий эксплуатации соединение может быть **подвижным** и **неподвижным**.

В **резьбовых соединениях** используются различные **типы резьбы**, в зависимости от требований, предъявляемых к соединению, и выполняемых им технических задач.

К **достоинствам резьбовых соединений** можно отнести взаимозаменяемость деталей, высокую технологичность изготовления, высокую надежность, массовое распространение.

Основные виды резьбового соединения – болтовое, шпилечное и винтовое соединение.

1.1.10. Виды резьбовых соединений

В машиностроении применяют три основных **вида резьбовых крепежных соединений**: 1) болтами с гайками (рис. 42, *а*); 2) ввертными болтами (винтами) (рис. 42, *б*); 3) шпильками (рис. 42, *в*, *г*).

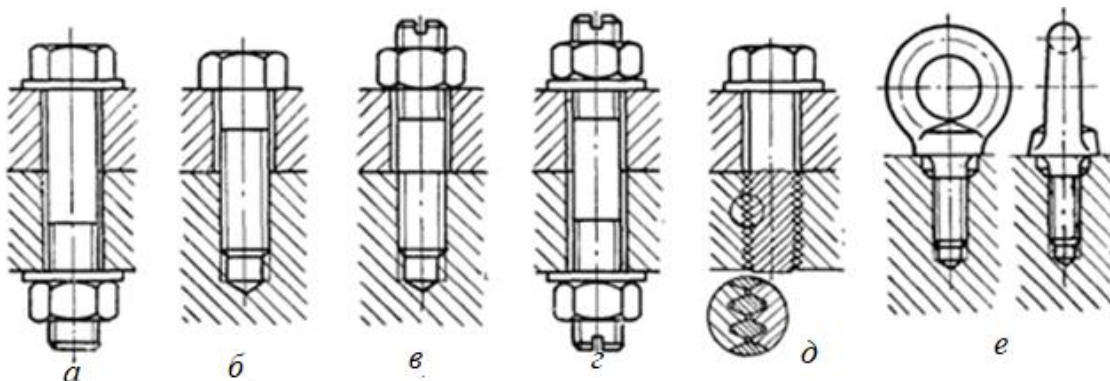


Рисунок 42 – Виды резьбовых соединений:

а – болт с гайкой; *б* – винт; *в* – шпилька; *г* – болт-шпилька;
д – винт со вставкой; *е* – рым болт.

1. Соединение болтами применимо только при возможности выполнения сквозных отверстий в стягиваемых деталях. Монтаж болтовых соединений не особенно удобен: требуется страховка болта от проворачивания при затяжке гайки. Желательна фиксация болта в осевом направлении при затяжке. При монтаже приходится манипулировать двумя деталями – болтом и гайкой.

2. Соединение ввертными болтами применяют при глухом нарезном отверстии (рис. 42, *б*), когда невозможно применить болт с гайкой, или при сквозном нарезном отверстии, когда возможна установка болта только с одной стороны соединения.

Деталь с нарезным отверстием должна быть выполнена из материала, который хорошо держит резьбу (например, стали, ковкого и высокопрочного чугуна, титанового сплава, бронзы). В деталях из мягких сплавов алюминиевых, магниевых и т. д.) требуется введение промежуточных нарезных втулок (футрок) из более твердого металла (рис. 42, д).

При сборке и разборке манипулируют одной деталью – болтом, что представляет определенное преимущество перед болтовым соединением, где приходится манипулировать болтом и гайкой.

3. Соединение шпильками в основном применяют для деталей из мягких (алюминиевых и магниевых сплавов) или хрупких (серого чугуна) материалов, а также при глухих или сквозных нарезных отверстиях (рис. 42, в) в случаях, когда невозможна установка ввертных болтов.

Ввертный конец шпильки устанавливают в нарезном гнезде наглухо и притом по большей части с натягом. В этих условиях резьбовое соединение детали даже из мягких металлов получается достаточно надежным.

Сборка и разборка соединения имеет особенности: детали можно соединять и разъединять только в направлении, перпендикулярном к плоскости стыка, приподнимая снимаемую деталь на полную высоту шпилек.

Соединение шпильками вызывает определенные неудобства при сборке: выступающие концы шпилек затрудняют доступ к соседним деталям. Особенно ощущается этот недостаток в многошпильчных соединениях с «частоколом» длинных шпилек.

Кроме описанных основных видов соединений возможны и промежуточные. К ним относится, например, нередко применяемое соединение, изображенное на рис. 42, г. Болт закрепляют с помощью гайки в гладком отверстии одной детали; другую деталь притягивают гайкой, наворачиваемой на свободный конец болта.

Сравнивая различные типы крепежных соединений с точки зрения компоновки, можно отметить как положительную особенность, что ввертные болты и шпильки допускают гораздо большую свободу в выборе форм деталей, чем болты.

Соединение болтами (рис. 43, а) требует наличия фланцев, которые лимитируют размеры и определяют форму внешних контуров. Соединение шпильками при формоизменении корпусной детали показано на рис. 43, б, в, г, д, е.

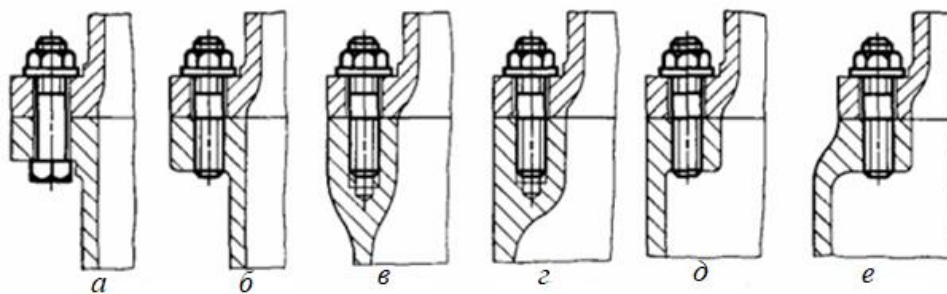


Рисунок 43 – Формоизменение корпусной детали при применении шпилек и болтов

2. Сборка и разборка резьбовых соединений

2.1. Сборка резьбовых соединений

Большую часть всех соединений деталей составляют именно резьбовые. И это не случайно: резьбовые соединения просты, надежны, взаимозаменяемы, их удобно регулировать.

Процесс сборки любого резьбового соединения включает в себя следующие операции: установка деталей, наживление, завинчивание, затяжка, иногда дотяжка, по необходимости, установка стопорных деталей и приспособлений, предохраняющих от самоотвинчивания.

При наживлении ввертываемая деталь должна быть подведена к резьбовому отверстию до совпадения осей и вкручена в резьбу на 2~3 нитки. Каждый, кому приходилось работать с мелкими винтами, знает, как неудобно бывает держать винт в труднодоступных местах, например снизу. Профессионалы в таких случаях применяют магнитные и другие специальные отвертки. Но если их нет, отчаиваться не стоит, задачу можно решить с помощью нехитрого приспособления, которое легко изготавливается буквально за несколько секунд. Из тонкой мягкой проволоки сделайте небольшой крючок и поддерживайте им винт, пока он не войдет в резьбовое отверстие на несколько ниток. Затем нужно просто потянуть за проволоку – петля раскроется и освободит винт для дальнейшего ввинчивания инструментом.

После наживления на деталь устанавливают сборочный инструмент (ключ или отвертку) и сообщают ей вращательные движения (завинчивают). Завинчивание завершают затяжкой, которая создает неподвижность соединения.

Дотяжку производят в том случае, когда деталь крепится несколькими болтами (винтами). Например, при креплении головки блока цилиндров (в двигателе автомобиля), болты ввинчиваются без предварительной затяжки, а после того как они установлены все, производят дотяжку. Все это осуществляется в определенном порядке – по так называемому методу спирали (рис. 44).

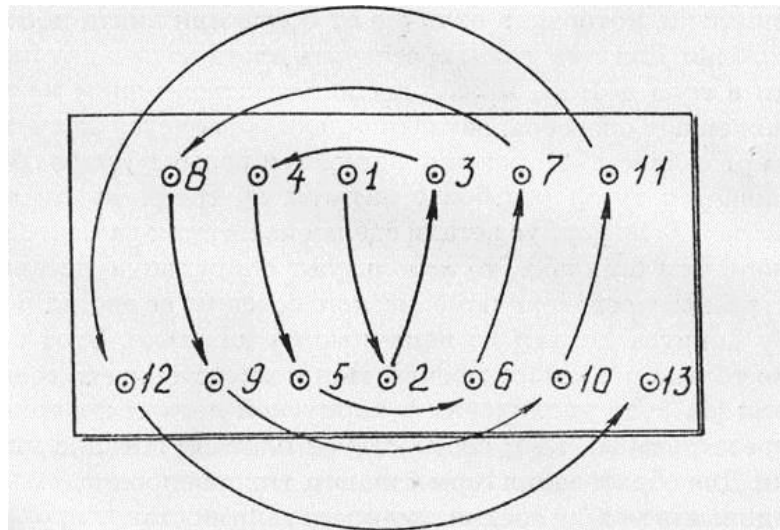


Рисунок 44 – Схема возможной последовательности дотяжки болтов, винтов, и гаек

Самый простой, достаточно надежный и не требующий каких-то специальных приспособлений способ стопорения – стопорение контргайкой. Ее навинчивают после затяжки основной крепежной гайки и затягивают до полного соприкосновения с торцом этой гайки. Механизм стопорения при таком способе основан на увеличении поверхностей трения в резьбе и на поверхностях гаек.

Широко распространено также стопорение стопорными шайбами (рис. 45).

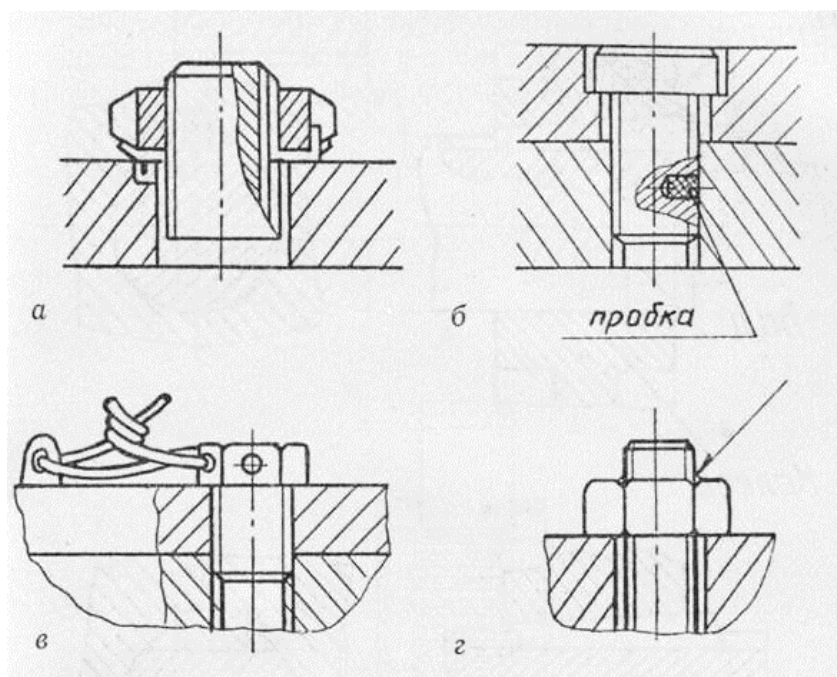


Рисунок 45 – Способы стопорения. резьбовых соединений:
а – стопорной шайбой; б – пробкой; в – проволокой;
г – сваркой или накерниванием

Такая шайба имеет либо носик, который отгибают на грань гайки после ее затяжки, либо лапку, которая вставляется в специально просверленное отверстие в корпусе детали. Винты (болты) с открытыми головками можно застопорить проволокой. Отверстия в головках винтов (болтов) под проволоку в этом случае просверливаются до установки их в узел. Проволоку в отверстия следует вводить таким образом, чтобы натяжение ее концов создавало завинчивающий момент.

Стопорение сваркой или накерниванием по сути превращает разъемное соединение в неразъемное.

Довольно часто в резьбовых соединениях используют шпильки, которые в отличие от болта или винта не имеют головки. Для того чтобы обеспечить плотную посадку шпильки в тело детали, можно воспользоваться одним из предложенных способов: натяг шпильки образуется за счет сбегу резьбы (см. «Нарезание наружной резьбы») либо обеспечивается тугим резьбой с натягом по среднему диаметру витков. Если корпус детали сделан из материала менее прочного, чем шпилька, то используют спиральную вставку из стальной проволоки ромбического сечения: ее вводят в резьбу корпуса детали до ввинчивания шпильки. Этот способ не только повышает прочность и износостойкость соединения (за счет увеличе-

ния в корпусной детали поверхности среза резьбы), но и способствует плотной посадке шпильки. Для образования герметичного, гидронепроницаемого соединения между соединяемыми деталями ставят прокладку из легко деформирующегося материала (медно-асбестовую, паронитовую и пр.).

В некоторых случаях требуется получить соединение особой прочности, которой невозможно добиться, применяя обычные болты из низкосортного металла – они просто ломаются под большими поперечными нагрузками. Покупать специальные высокопрочные болты порой накладно, да и не всегда их разыщешь в магазинах. В таких случаях можно перед сборкой нанести на поверхности деталей, которые будут соприкасаться, клеевую прослойку из эпоксидной смолы – соединение получится весьма прочным даже при использовании обычных дешевых болтов.

Подготовка к сборке. Сборку болтового соединения начинают с подготовки поверхностей соединяемых деталей. Если соединяемые детали кованные или литые, то поверхности их соединения должны быть строгаными или фрезерованными. Для создания герметичности иногда плоскости пришабривают или притирают. Величина зазора между плоскостями разъема должна быть указана в технических условиях.

Сборка болтовых соединений. Наиболее распространенный тип болтового соединения – соединение, собранное на болтах, которые входят в отверстия соединяемых деталей с большим зазором. Болт обычно вставляют снизу, а затем навинчивают гайку. Гайки затягивают только тогда, когда поставлены все болты и гайки. Затягивают гайки постепенно. Сначала все гайки завертывают до соприкосновения с шайбами или с поверхностью детали, затем слегка затягивают и только в третий раз затягивают окончательно.

Затягивают гайки не подряд одну за другой, так как при этом затяжка может оказаться неравномерной и повлечь за собой перегрузку отдельных гаек, смятие резьбы и даже обрыв болта. Гайки, расположенные по кругу, например на фланцах, крышках цилиндров и т. д., затягивают крест-накрест также в три приема. На длинных крышках, например на крышках блоков двигателей внутреннего сгорания, крышках больших редукторов, гайки затягивают от середины к краям. Затягивание гаек от краев к середине приводит к искривлению крышек.

Чтобы получить равномерную затяжку всех гаек, применяют специальные предельные ключи, которые отрегулированы на определенную силу затяжки. Сборка болтового соединения заканчивается стопорением гаек.

Постановка контрольных штифтов. При сборке резьбовых соединений для фиксации соединяемых деталей применяют конические или цилиндрические штифты.

Отверстия под контрольные штифты сверлят после того, как соединяемые детали выверены относительно друг друга.

Штифтов в соединении должно быть не менее двух, и они должны быть расположены друг от друга возможно дальше. Например, ПРИ соединении деталей прямоугольной формы контрольные штифты ставят по диагонали. При сверлении отверстий под штифты оставляют припуск на развертывание.

Разборка болтового соединения. Разборку болтового соединения начинают с освобождения гаек от стопорных устройств. После этого приступают к отвинчиванию гаек. Если гайка не отвинчивается, то не следует удлинять рукоятку ключа или прикладывать большие усилия, так как этим можно сорвать резьбу или скрутить болт. В этом случае смачивают резьбу керосином и через некоторое время (когда керосин проникнет в резьбу) вновь пытаются отвинчивать гайку. Если гайка после этого тоже не отвинчивается, то пробуют завинтить ее дальше и, когда она сдвинется с места, вновь начинают отвинчивать.

Когда все гайки отвинчены, удаляют болты и установочные штифты. Штифты удаляют бородком. Чтобы не повредить края отверстия при выбивке штифта, бородок должен быть немного тоньше конца штифта, но слишком тонкий бородок применять не рекомендуется, так как он может расклепать штифт в отверстии.

Если штифт установлен в глухом отверстии, то его удаляют с помощью гайки, которую навинчивают на его выступающий конец. Если гайка упирается в деталь и штифт не вынимается, нужно попытаться сдвинуть его с места легкими ударами по гайке. Если это не помогает, то отвинчивают гайку на несколько оборотов, смачивают керосином и через некоторое время вновь приступают к удалению штифта.

Сборка и разборка соединений на шпильках. Правильно поставленная шпилька в отверстии должна сидеть плотно и при отвинчивании гайки даже с тугей резьбой не должна вывинчиваться

из детали. Шпилька должна быть строго перпендикулярна той плоскости, в которую она ввернута. Глубину отверстия делают больше длины резьбовой части шпильки. В глухих отверстиях резьбу нарезают с большой осторожностью. Шпильки ввертывают и вывертывают следующим способом.

Первый способ. На свободный резьбовой конец шпильки навинчивают две гайки. Вращая ключом верхнюю гайку, ввертывают шпильку в гнездо. Этот способ имеет недостаток: отвинчивание гаек со шпилек приводит к ослаблению посадки шпильки.

Второй способ. На конец шпильки свободно навинчивают специальное приспособление – «солдатик», представляющее собой высокую шестигранную гайку.

Гайка стопорится на конце шпильки винтом меньшего диаметра, чем основной диаметр шпильки. Затем обычным гаечным ключом вращают гайку, вместе с которой заворачивается шпилька. Когда шпилька завинчена, стопорный винт ослабляют, придерживая гайку ключом; после этого гайка легко свинчивается со шпильки.

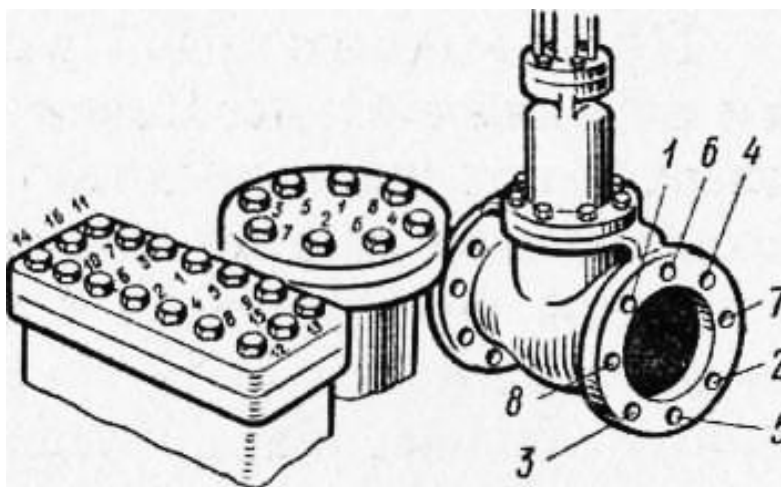


Рисунок 46 – Порядок затягивания гаек в многоболтовых соединениях

Для повышения производительности используют электро-и пневмоинструмент с применением специальной головки шпильковерта. Сменную гайку навинчивают на шпильку, упирающуюся в шарик, который упирается в пята. При ввертывании шпильки до конца шарик будет пробуксовывать по пята. Только после этого шпильковерт переключают на обратный ход и головка свинчивается со шпильки.

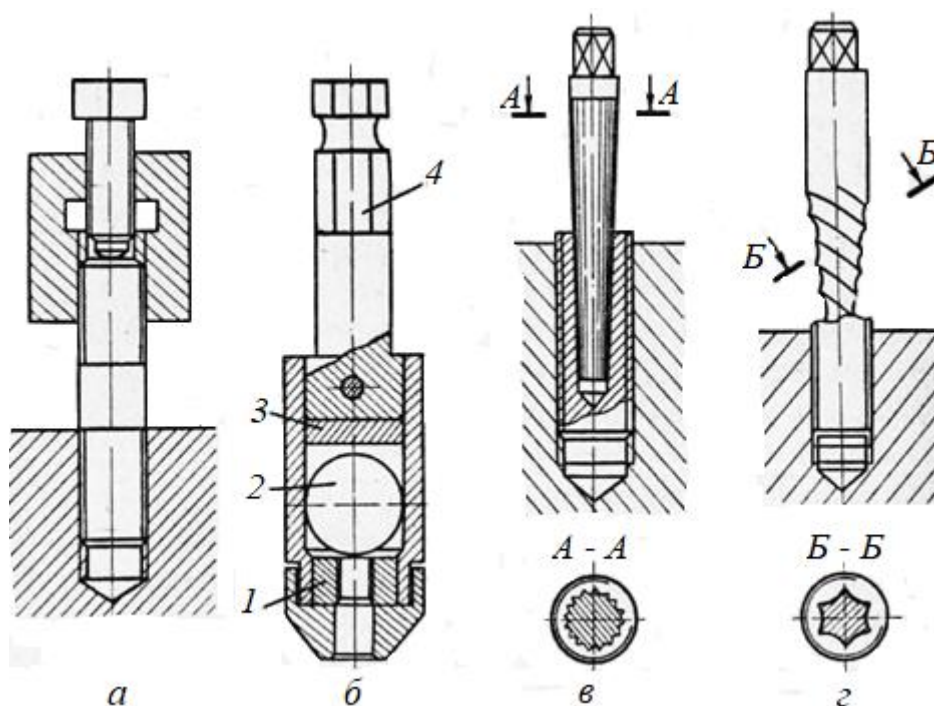


Рисунок 47 – Приспособления для постановки и удаления шпилек:
а – специальное («солдатик»), *б* – шпильковерт, *в* – бор, *г* – экстрактор

Сменными гайками можно ввинчивать шпильки различного диаметра. Наличие на хвостовике шести граней 4 под ключ позволяет использовать головку при завинчивании гаек вручную.

Сломавшиеся шпильки удаляют следующими способами.

1. Если сломанная часть шпильки выступает над поверхностью детали, запиливают грани на выступающей части обломка и затем разводным ключом или ручными тисками вывинчивают обломок.

2. Если обломанная шпилька не выступает над поверхностью детали, то применяют специальный инструмент – зубчатый бор. При этом обломок шпильки засверливают и в отверстие забивают закаленный конический стержень с зубцами на поверхности. При вращении за квадратную головку бора шпилька вывертывается. Для вывертывания обломка шпильки в просверленное отверстие может быть вставлен другой инструмент – экстрактор, представляющий собой конический стержень, на поверхности которого нарезаны специальные левые канавки. При ввертывании экстрактора шпилька вывинчивается.

К резьбовым соединениям предъявляют следующие требования:

1. Все гайки, входящие в резьбовые соединения, должны быть до отказа и равномерно затянуты.

2. В резьбовых соединениях, работающих при толчках, ударах, вибрации, гайки должны быть застопорены (затянуты контргайкой), а у подкладных шайб – отогнуты выступы, вставлены штифты и т. д.

3. Болт или шпилька должны выступать над гайкой не менее чем на два витка резьбы.

4. На выступающих концах болтов и шпилек резьба должна быть чистой и полной.

5. Под гайками и головками болтов не должно быть зазоров, и они должны плотно соприкасаться с соединяемыми деталями.

6. При сборке болтовых соединений не допускается наращивание рукояток ключей. Применять можно ключи только с рукоятками стандартной длины.

3. Инструмент для сборки и разборки резьбовых соединений

Для сборки и разборки резьбовых соединений применяют ручной и механизированный инструмент.

Основным ручным инструментом являются гаечные ключи, которые делятся на открытые, накидные, торцовые, специальные для круглых гаек и ключи с регулируемым крутящим моментом.

Открытые ключи для шестигранных и квадратных гаек могут быть односторонними и двусторонними (рис. 48, *а*).

Накладные ключи имеют замкнутый зев, охватывающий все грани гайки. Такие ключи в работе более надежны и долговечны. Накладными ключами с 12-гранным зевом можно поворачивать при завертывании гайки на 30° , что важно при работе в труднодоступных местах (рис. 48, *а*).

Торцовые ключи применяют для завинчивания и отвинчивания гаек, когда обычным ключом завернуть гайку невозможно. Они значительно сокращают время, так как завертывать гайки можно, не переставляя ключ с грани на грань. Головки торцовых ключей выполняют или заодно с воротком, или съемными, а также с отогнутым воротком и с изогнутым стержнем (рис. 48, *а*).

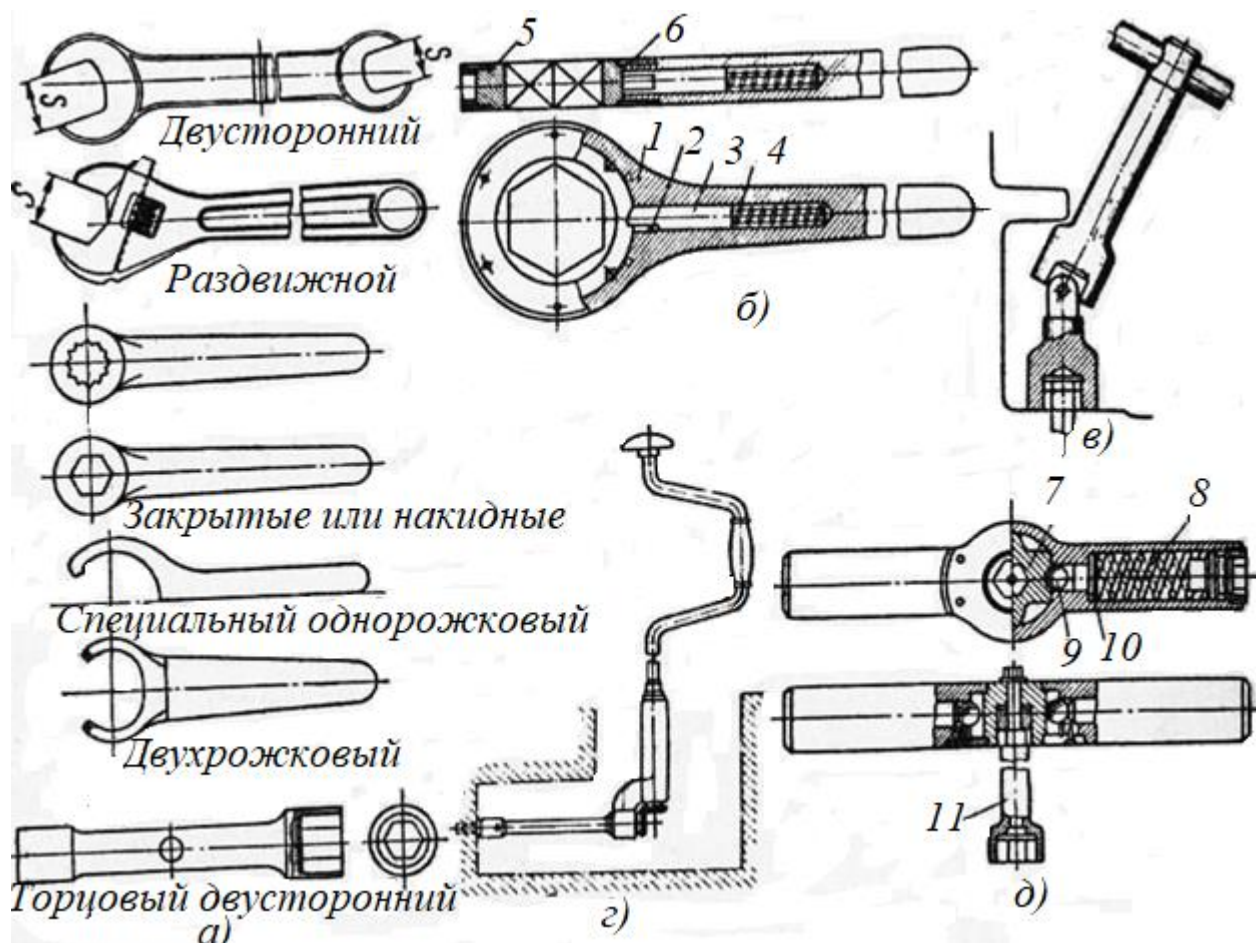


Рисунок 48 – Гаечные ключи:

а – простые, б – трещоточный, в – шарнирный, г – коловоротный, д – с регулируемым крутящим моментом

Из специальных ключей широко применяют трещоточные, шарнирные, коловоротные.

Трещоточный ключ (рис. 48, б) устроен так. В корпусе между щеками поставлена вставка с шестигранным отверстием, имеющая снаружи пазы, в которые входит защелка, поджимаемая пружиной. Защелка удерживается от проворачивания штифтом. При вращении ключа по ходу часовой стрелки защелка упирается в паз вставки и заставляет гайку вращаться. Ключ в процессе работы не переставляют, что экономит время при затяжке гаек на 50 – 60% по сравнению с обычными ключами.

Шарнирный ключ применяют для закручивания гаек в труднодоступных местах (рис. 48, в).

Коловоротные ключи используют при закручивании гаек и болтов небольших размеров, расположенных в труднодоступных местах (рис. 48, г).

Ключи с регулируемым крутящим моментом применяют для затяжки гаек или болтов с одинаковым усилием. Это необходимо при сборке трубопроводов, фланцев, крышек, а также машин и механизмов, работающих с вибрациями. Устройство торцового ключа с регулируемым крутящим моментом показано на рис. 48, д. Кулачок со вставленным в него сменным торцовым ключом собран в рукоятке. При предельном усилии шарик отжимается кулачком, давит на тарелку и сжимает пружину и сцепление кулачка с рукояткой прекращается.

Список литературы

1. Арефьева, О. Ю. Резьбовые соединения. Учебно-методическое пособие / О. Ю. Арефьева, Л. Г. Тимофеева. – Екатеринбург: УГЛУ. 2015. – 59 с.
2. ГОСТ 8724-2002 (ИСО 261-98). Основные нормы взаимозаменяемости. РЕЗЬБА МЕТРИЧЕСКАЯ. Диаметры и шаги. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2003.
3. ГОСТ 9150-2002 (ИСО 68-1-98). Основные нормы взаимозаменяемости. РЕЗЬБА МЕТРИЧЕСКАЯ. Профиль. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2003.
4. ГОСТ 6357-81. Основные нормы взаимозаменяемости. РЕЗЬБА ТРУБНАЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2003.
5. ГОСТ 6211-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трубная коническая. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2003.
6. Зелёный, П. В. Инженерная графика. Практикум по чертежам сборочных единиц : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по техническим специальностям / П. В. Зелёный, Е. И. Белякова, О. Н. Кучура. – Минск : БНТУ, 2013. – 101 с.
7. Егоров, А. Г. Резьбы и резьбовые соединения / А. Г. Егоров. – Санкт-Петербург, 2020. – 57 с.
<https://e.lanbook.com/book/157034> . – Текст : электронный.
8. Рыжикова, Л. М. Условности машиностроительного черчения. Общие сведения о резьбах. Соединения резьбовые / Л. М. Рыжикова, С. С. Комаровская. – Самара : Издательство Самарского университета, 2018. – 35 с.
9. Чумакова, О. И. Резьбовые соединения : учебно-методическое пособие для студентов строительных специальностей / О. И. Чумакова, Т. Д. Чудникова. – Минск : БНТУ, 2015. – 54 с.
10. Швец, А. Я. Резьбы и резьбовые соединения: методические указания / А. Я. Швец, А. Ю. Калинин, О. А. Яковук. – Москва ; МАМИ, 2011.