ЛЕКЦИЯ :

Резьбовые соединения. Расчет резьбовых соединений.

Содержание

[Соединения деталей машин](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%A1%D0%BE%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%B4%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B9_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD)

[Классификация  крепёжных изделий и их элементов. Терминология](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F__%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BF%D1%91%D0%B6%D0%BD%D1%8B%D1%85)

[Общие технические требования и нормы](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%9E%D0%B1%D1%89%D0%B8%D0%B5_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F)

[Многофункциональность  –  характеристика современного крепежа](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%9C%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C__%E2%80%93)

[Резьбовые соединения](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%A0%D0%B5%D0%B7%D1%8C%D0%B1%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D0%BE%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F)

[Основы образования резьбы](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B_%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%80%D0%B5%D0%B7%D1%8C%D0%B1%D1%8B)

[Классификация резьбовых соединений](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D1%80%D0%B5%D0%B7%D1%8C%D0%B1%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D1%85_%D1%81%D0%BE%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9)

[Достоинства и недостатки резьбовых соединений](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%94%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B8%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0_%D0%B8_%D0%BD%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%BA%D0%B8)

[Способы изготовления резьбы](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%A1%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D1%8B_%D0%B8%D0%B7%D0%B3%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%80%D0%B5%D0%B7%D1%8C%D0%B1%D1%8B)

[Условное изображение резьбы на чертеже](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%A3%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D1%80%D0%B5%D0%B7%D1%8C%D0%B1%D1%8B)

[Технологические элементы резьбы](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B_%D1%80%D0%B5%D0%B7%D1%8C%D0%B1%D1%8B)

[Конструкции резьбовых деталей и применяемые материалы](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D1%80%D0%B5%D0%B7%D1%8C%D0%B1%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D1%85_%D0%B4%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B9)

[Конструктивные формы болтов и винтов](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%8B_%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D1%82%D0%BE%D0%B2)

[Шпильки](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%A8%D0%BF%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BA%D0%B8)

[Гайки](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%93%D0%B0%D0%B9%D0%BA%D0%B8)

[Винты самонарезающие](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%92%D0%B8%D0%BD%D1%82%D1%8B_%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B5)

[Винты сверлящие](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%92%D0%B8%D0%BD%D1%82%D1%8B_%D1%81%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%BB%D1%8F%D1%89%D0%B8%D0%B5)

[Гайки и шпильки приклёпываемые](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%93%D0%B0%D0%B9%D0%BA%D0%B8_%D0%B8_%D1%88%D0%BF%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BA%D0%B8)

[Шайбы](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%A8%D0%B0%D0%B9%D0%B1%D1%8B)

[Расчет резьбы на прочность](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%A0%D0%B0%D1%81%D1%87%D0%B5%D1%82_%D1%80%D0%B5%D0%B7%D1%8C%D0%B1%D1%8B_%D0%BD%D0%B0)

[Материалы резьбовых изделий и допускаемые напряжения](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B_%D1%80%D0%B5%D0%B7%D1%8C%D0%B1%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D1%85_%D0%B8%D0%B7%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%B9)

[Виды повреждений резьбовых соединений](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%92%D0%B8%D0%B4%D1%8B_%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B7%D1%8C%D0%B1%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D1%85)

[Расчет резьбового соединения на прочность при осевом и поперечном статическом нагружении](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%A0%D0%B0%D1%81%D1%87%D0%B5%D1%82_%D1%80%D0%B5%D0%B7%D1%8C%D0%B1%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%81%D0%BE%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F)

[Расчет болтов при повышенной температуре](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%A0%D0%B0%D1%81%D1%87%D0%B5%D1%82_%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D1%82%D0%BE%D0%B2_%D0%BF%D1%80%D0%B8_1)

[Вопросы для самопроверки](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%92%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%8B_%D0%B4%D0%BB%D1%8F_%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%B8)

[Задачи для самостоятельного решения](http://www.detalmach.ru/lect2.htm#_%D0%97%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B8_%D0%B4%D0%BB%D1%8F_%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE)

Соединения деталей машин

Каждая машина состоит из деталей, число которых зависит от сложности и размеров машины. Так автомобиль содержит около 16 000 деталей (включая двигатель), крупный карусельный станок имеет более 20 000 деталей и т.д.

Чтобы выполнять свои функции в машине детали соединяются между собой определенным образом, образуя подвижные и неподвижные соединения. Например, соединение коленчатого вала двигателя с шатуном, поршня с гильзой цилиндра (подвижные соединения). Соединение штока гидроцилиндра с поршнем, крышки разъемного подшипника с корпусом (неподвижное соединение).

Подвижные соединения определяют кинематику машины, а неподвижные – позволяют расчленить машину на отдельные блоки, элементы, детали.

С точки зрения общности расчетов все соединения делят на две большие группы: неразъемные и разъемные соединения.

Неразъемными называют соединения, которые невозможно разобрать без разрушения или повреждения деталей. К ним относятся заклепочные, сварные, клеевые соединения, а также соединения с гарантированным натягом. Неразъемные соединения осуществляются силами молекулярного сцепления (сварка, пайка, склеивание) или механическими средствами (клепка, вальцевание, прессование).

Разъемными называют соединения, которые можно многократно собирать и разбирать без повреждения деталей. К разъемным относятся резьбовые, шпоночные и шлицевые соединения, штифтовые и клиновые соединения.

По форме сопрягаемых поверхностей соединения делят на плоское, цилиндрическое, коническое, сферическое, винтовое и т.д.

Проектирование соединений является очень ответственной задачей, поскольку большинство разрушений в машинах происходит именно в местах соединений.

К соединениям в зависимости от их назначения предъявляются требования прочности, плотности (герметичности) и жесткости.

При оценке прочности соединения стремятся приблизить его прочность к прочности соединяемых элементов, т.е. стремятся обеспечить равнопрочность конструкции.

Требование плотности является основным для сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Уплотнение разъемного соединения достигается за счет:

1) сильного сжатия достаточно качественно обработанных поверхностей;

2) введения прокладок из легко деформируемого материала.

При этом рабочее удельное давление q в плоскости стыка должно лежать в пределах q = (1,5…4)p,  p – внутренне давление жидкости в сосуде.

Экспериментальные исследования показали, что жесткость соединения во много раз меньше жесткости соединяемых элементов, а поскольку жесткость системы  всегда меньше жесткости наименее жесткого элемента, то именно жесткость соединения определяет жесткость системы.

Выбор типа соединения определяет инженер.

Классификация  крепёжных изделий и их элементов. Терминология

Простейшая классификация крепёжных изделий может проводиться по нескольким направлениям: резьбовые и без резьбы, стержневые и с функциональным отверстием, изделия типа болт с невыпадающей шайбой относят к комбинированным и т.д.

В отдельных стандартах и в разных государствах встречаются отличающиеся друг от друга названия одинаковых деталей. В первую очередь это относится к терминам «болт» и «винт». В настоящем материале использованы определения:

привод - конструктивный элемент крепёжной детали, служащий для передачи крутящего момента;

болт – резьбовая крепёжная деталь с головкой и наружным приводом или конструктивным элементом головки, удерживающим болт от поворота (квадратный подголовок, ус и другие);

винт – резьбовая крепёжная деталь с приводом, расположенным  внутри головки или стержня.

Стержневые крепёжные детали состоят из нескольких составных частей.

Конструкции таких широко применяемых изделий, как шпильки, заклёпки (в том числе полупустотелые, пустотелые), пальцы, штифты (в том числе с резьбовой частью), шплинты, многочисленные конструкции шайб и другие – не рассматриваются. Информация о них в достаточной степени имеется в справочниках, больших изменений за последние годы эти конструкции не претерпели.

Общие технические требования и нормы

Всего на крепёжные изделия имеется около 350 государственных стандартов. Из них в машиностроении используют 210 – 220. Ниже приведён перечень нескольких базовых стандартов общего назначения по состоянию на январь 2008 года. Ими следует руководствоваться при производстве и применении крепёжных деталей.

ГОСТ 1759.0-87 Болты, винты, шпильки и гайки. Технические условия.

ГОСТ 1759.1-82 Болты, винты, шпильки, гайки и шурупы. Допуски. Методы контроля размеров и отклонений формы и расположения поверхностей.

ГОСТ 1759.2-82 Болты, винты и шпильки. Дефекты поверхности и методы контроля.

ГОСТ 1759.3-83  Гайки. Дефекты поверхности и методы контроля.

ГОСТ Р 52627-2006  Болты, винты и шпильки. Механические свойства и методы испытаний. Соответствует ИСО 898-1:1999 (взамен ГОСТ 1759.4-87).

ГОСТ Р 52628-2006  Гайки. Механические свойства и методы испытаний. Соответствует ИСО 898—2:1992 и ИСО 898-6:1994 (взамен ГОСТ 1759.5-87).

ГОСТ 17769-83  Изделия крепёжные. Правила приёмки.

ГОСТ 18160-72  Изделия крепёжные. Упаковка. Маркировка. Транспортирование и хранение.

ГОСТ 24670-81  Болты, винты и шурупы. Радиусы под головкой.

ГОСТ 24671-84  Болты, винты, шурупы с шестигранной головкой и гайки шестигранные. Размеры «под ключ».

ГОСТ 27017-86 Изделия крепёжные. Термины и определения (разработан проект ГОСТ Р ИСО 1891-2007).

ГОСТ 27148-86  Изделия крепёжные. Выход резьбы. Сбеги, недорезы и проточки. Размеры.

ГОСТ 9.301-86  Покрытия металлические и неметаллические. Общие требования.

Примечание. Новые стандарты ГОСТ Р 52627 и 52628-2006, заменившие ГОСТ 1759.4 и 1759.5-87 существенных изменений в части механических свойств и методов испытаний не имеют, поэтому приводить изменения необходимости нет.

Международная система стандартов ИСО постепенно становится единой для большинства государств, национальные стандарты приводятся в полное соответствие с международными. В обновлённых стандартах повышены требования к качественным характеристикам крепёжных изделий, выпущены стандарты ИСО на большую группу новых прогрессивных конструкций.

Многофункциональность  –  характеристика современного крепежа

Прогрессивными называют крепёжные изделия, обладающие дополнительными функциональными свойствами, например, они могут стопориться без дополнительных деталей, сверлить себе отверстие, раскатать в нём резьбу, они обеспечивают снижение трудоёмкости сборки и технического обслуживания, имеют повышенную прочность и т.д.

Рассмотрим функции резьбовых крепёжных изделий.

Основные функции – соединить детали и сборочные единицы, создать усилие затяжки и сохранить его в заданных пределах в период эксплуатации машины. Прогрессивные крепёжные изделия характеризуются дополнительными функциями, которые позволяют решать множество задач за счёт проявления новых свойств. Дополнительные функции можно условно поделить на три группы:

а) конструктивные. Позволяют застопорить соединение, исключить вспомогательные детали, создать оптимальные напряжения на контакте;

б) сборочные. Обеспечивают надежную передачу вращающего момента, затяжку с заданным моментом, попадание в отверстие, перекрытие отверстия, установку в местах с односторонним доступом, не выпадение деталей крепежа  при разборке;

в) технологические. Дают возможность во время сборки выдавить или нарезать резьбу в отверстии, очистить резьбу при завинчивании, просверлить отверстие и образовать в нем резьбу, отбортовать отверстие и образовать в нём резьбу, зачистить контактную опорную поверхность, герметизировать соединение и др.

Резьбовые соединения

Резьбовые соединения - разъемные, собираемые с помощью резьбовых крепежных деталей. Основные термины и определения резьб и резьбовых соединений стандартизованы.

Резьба – поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности или совокупность чередующихся выступов и впадин определённого профиля, расположенных по винтовой линии на поверхности тела вращения (обычно цилиндра или конуса).

Применяется

- для устранения возможности перемещения соединяемых деталей;

- для удержания деталей на определенном расстоянии друг от друга;

- для обеспечения плотности стыка соединяемых деталей;

- для осуществления поступательного движения (пресса, домкраты, ходовые винты);

- для получения точных относительных перемещений (регулировочные винты).

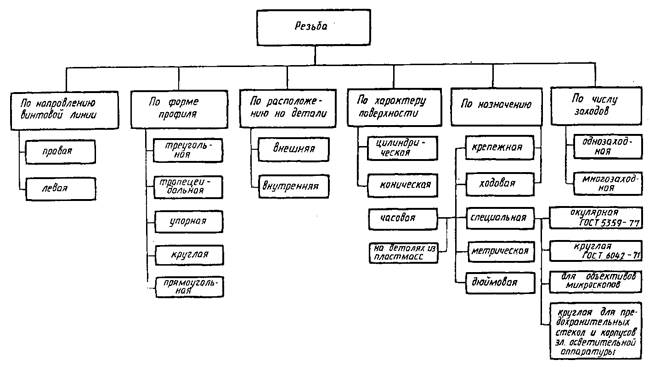
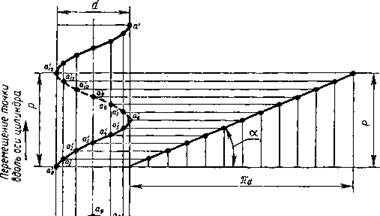


Рис.1

Основы образования резьбы

В основе образования резьбы лежит принцип полу­чения винтовой линии. Винтовая линия – это простран­ственная кривая, которая может быть образована точ­кой, совершающей движение по образующей какой-либо поверхности вращения, при этом сама образующая со­вершает вращательное движение вокруг оси.

Если в качестве поверхности принять цилиндр, то полученная на его поверхности траектория движения точки называется цилиндрической винтовой линией. Если движение точки по образующей и вращение образую­щей вокруг оси равномерны, то винтовая цилиндри­ческая линия является линией постоянного шага. На развертке боковой поверхности цилинд­ра (рис.2) такая винтовая линия преобразуется в прямую линию.



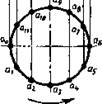


Рис.2

Если на поверхности цилиндра или конуса про­резать канавку по винто­вой линии, то режущая кромка резца образует винтовую поверхность, ха­рактер которой зависит от формы режущей кромки. Образование винтового выступа можно предста­вить как движение тре­угольника, трапеции, квадрата по поверхности ци­линдра или конуса так, чтобы все точки фигуры переме­щались по винтовой линии (рис.3).

Цилиндрическая резьба – резьба, образованная на цилиндрической поверхности.

Коническая резьба – резьба, образованная на конической поверхности.

Правая резьба – резьба, образованная контуром, вращающимся по часовой стрелке и перемещающимся вдоль оси в направление от наблюдателя.

Левая резьба – резьба, образованная контуром, вращающимся против часовой стрелке и перемещающимся вдоль оси в направление от наблюдателя.

Чаще всего используют правую резьбу. Левую резьбу применяют только в специальных механизмах. Если по поверхности перемещаются одновременно два, три и более плоских профиля, равномерно расположенные по окружности относительно друг друга, то образуются двух- и трехзаходные винты.

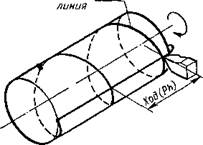
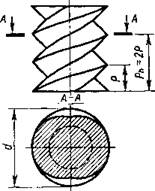
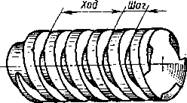
                   

Рис.3

В качестве примера образования одно-, двух- и трехзаходной резьбы можно рассмотреть процесс навивки на цилиндрическую поверхность проволоки треугольного сечения (витки плотно прилегают друг к другу). Для однозаходной резьбы (рис.4,а) величина хода винта Рh равна шагу Р. Для двух- (рис.4,б) и трехзаходных (рис.4,в) винтов, когда осуще­ствляется одновременная навивка соответственно двух и трех проволок указанного сечения, величина хода соответственно равняется 2Р – для двухзаходного винта и ЗР – для трехзаходного. Наиболее распространена однозаходная резьба. Все крепежные резьбы однозаходные. Многозаходные резьбы применяются преимущественно в винтовых механизмах.

Приведенные положения, с некоторыми изменениями и уточнениями, могут быть отнесены и к конической поверхности.

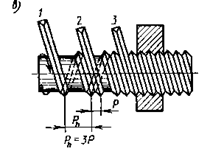
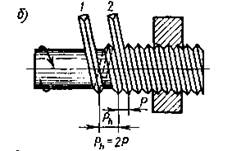
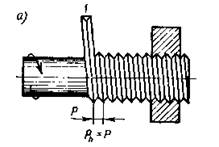


Рис.4

Резьбовые соединения являются наиболее совершенным, а потому массовым видом разъёмных соединений. Применяются в огромном количестве во всех машинах, механизмах, агрегатах  и узлах.

Классификация резьбовых соединений

Основные типы резьб, их сравнительная характеристика и область применения.

Резьбовые (разъемные) соединения выполняют с помощью резьбовых крепежных деталей — болтов (рис.5), винтов, шпилек, резьбовых муфт, стяжек и т. п.

Резьбовое соединение – соединение деталей с помощью резьбы, обеспечивающее их относительную неподвижность или заданное перемещение одной детали относительно другой. Конструктивно резьбовые соединения очень разнообразны, но все могут быть отнесены к одному из следующих двух типов:

- резьбовые соединения, осуществляемые непосредственным свинчиванием соединяемых деталей, без использования специальных соединительных деталей;

- резьбовые соединения, осуществляемые при помощи специальных соединительных деталей: болтов, винтов и шпилек с гайками и шайбами.

На рис. 5 деталь 1 — резьба цилиндри­ческая, наружная; деталь 2 — резьба цилинд­рическая внутренняя.

Наружная резьба – резьба, образованная на наружной, охватываемой поверхности, которая носит название болт или винт.

Внутренняя резьба – резьба, образованная на внутренней, охватывающей поверхности которая носит название гайка.



Рис. 5. Болт и гайка

Профиль резьбы - это контур сечения витка резьбы в плоскости, проходящей через ось основной поверхности. По форме профиля резьбы бывают: треугольные – метрические; трубные; дюймовые; трапецеидальные; круглые; прямоугольные (см. табл.1)

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Тип резьбы | Профиль резьбы  (некоторые параметры) | Условное изображение  резьбы | Стандарт | Примеры  обозначения | Примеры обозначения  резьбового соединения |
| 1 | Метрическая | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image391.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image393.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image395.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image396.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image397.jpg |
| 2 | Метрическая  коническая | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image398.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image399.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image400.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image401.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image402.jpg |
| 3 | Трубная  цилиндрическая | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image403.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image404.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image405.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image406.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image409.jpg |
| 4 | Трубная  коническая | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image410.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image411.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image412.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image413.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image414.jpg |
| 5 | Коническая  дюймовая | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image415.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image416.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image417.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image418.jpg |  |
| 6 | Трапецеидальная | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image419.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image420.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image425.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image426.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image427.jpg |
| 7 | Упорная | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image428.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image431.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image432.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image433.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image434.jpg |
| 8 | Круглая | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image435.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image436.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image439.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image440.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image443.jpg |
| 9 | Прямоугольная | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image444.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image445.jpg |  |  |  |

Геометрические параметры резьбы.

Основными параметрами резьбы являются (рис. 6):

d  номинальный диаметр резьбы (наружный диаметр болта или винта), этот диаметр входит в обозначение резьбы и во всех документах указывается в миллиметрах, например, М5, М8, М24 (буква М указывает, что резьба метрическая);

d1 – внутренний диаметр резьбы гайки – диаметр цилиндра, касающегося вершин гребней резьбы в гайке (номинальные значения d и d1 одинаковы для винта и гайки, зазоры во впадинах образуются за счет предельных отклонений размеров диаметров);

d3  внутренний диаметр резьбы винта – диаметр цилиндра, касающегося дна впадин между гребнями резьбы;

d2  средний диаметр резьбы – диаметр цилиндра, на котором толщина выступов резьбы равна ширине впадин между ними;

p  шаг резьбы – расстояние между одноимёнными точками двух соседних гребней резьбы;

ph  ход резьбы – расстояние между одноимёнными точками двух соседних гребней резьбы, принадлежащих одному гребню нарезки;

α  угол профиля резьбы - угол между ее смежными боковыми сторонами в плоскости осевого сечения;

ψ  угол подъёма резьбы  угол подъема развертки винтовой линии по среднему диаметру.

Ось резьбы – прямая, относительно которой происходит винтовое движение плоского контура, образующего резьбу.

Боковые стороны профиля – прямолинейные участки профиля, принадлежащие винтовым поверхностям.

Вершина профиля – участок профиля, соединяющий боковые стороны выступа.

Впадина профиля – участок профиля, соединяющий боковые стороны канавки.

Углы наклона сторон профиля β и γ – угол между боковыми сторонами профиля и перпендикуляром к оси резьбы. Для резьб с симметричным профилем углы наклона сторон равны половине угла профиля α/2.

Рабочая высота профиля Н – высота соприкосновения сторон профиля наружной и внутренней резьб в направлении, перпендикулярном к оси резьбы.

Сбег резьбы – участок неполного профиля в зоне перехода резьбы к гладкой части.

Длина резьбы – длина участка поверхности, на котором образована резьба, включая сбег резьбы и фаску.

Длина резьбы с полным профилем – длина участка на котором резьба имеет полный профиль.

Длина свинчивания – длина соприкосновения винтовых поверхностей наружной и внутренней резьб в осевом направлении.

Между геометрическими параметрами метрической резьбы нетрудно выявить ряд соотношений. Так ход резьбы

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image446.gif

где z – число заходов резьбы – количество параллельных гребешков образованных по общей винтовой линии.

Для угла подъёма резьбы получаем

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image447.gif

Из последней формулы следует, что с увеличением числа заходов резьбы возрастает и угол её подъёма.

Теоретическая высота гребней метрической резьбы (как высота равностороннего треугольника) составляет

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image449.gif

Внутренний диаметр резьбы в гайке

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image455.gif

Для нормальных (с крупными шагами) метрических резьб, диаметры которых лежат в интервале 2≤d≤68 мм, с достаточной для практики точностью (не хуже 1,8%) этот диаметр можно вычислить по эмпирической формуле

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image459.gif

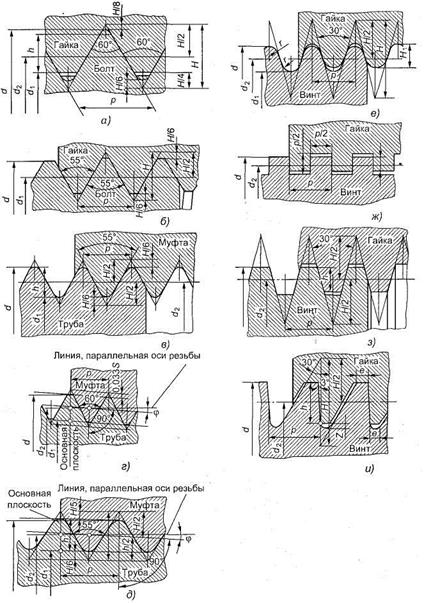


Рис.6. Профили резьб: а — метрическая; б — дюймовая; в — трубная цилиндрическая;

г — метрическая коническая; д — трубная коническая; е — круглая; ж — прямоугольная;

з — тра­пецеидальная; и — упорная

По шагу резьбы разделяются на основные и мелкие. Мелкие резьбы для тех же диаметров имеют меньший шаг того же профиля, что и в основной резьбе. Применение мелких резьб меньше ослабляет сечение деталей и благодаря меньшему углу спирали нарезки лучше предохраняет соединение против самоотвинчивания.

Для диаметров свыше 20 мм уже обычно применяются мелкие резьбы.

Пример обозначения резьбы:

М16х2 - основная;    М16х1,5 - мелкая.

Здесь: М - метрическая; 16 - номинальный (наружной) ди­аметр резьбы в мм; 2 и 1,5 - шаг резьбы в мм.

По назначению резьбы делятся на крепежные, крепежно-уплотняющие, резьбы для передачи движения и специальные (например, ниппельные).

К крепежным резьбам относят метрическую (рис. 6, а), дюймовую (рис. 6, б) и специальную (часовую).

Крепежно-уплотняющие резьбы используют в резьбовых изделиях, предназначенных как для скрепления деталей, так и для создания герме­тичности. К ним относятся резьбы: трубная цилиндрическая (см. рис. 6, в), трубная коническая (см. рис. 6, д), коническая дюймовая, круглая (см. рис. 6, е).

Резьбы для передачи движения, применяемые в передачах винт-гайка: прямоугольная, трапецеидальная, упорная (см. рис. 6, ж—и).

Основные типы профилей резьбы, показанных на рис. 6: а — тре­угольный; з — трапецеидальный; и — упорный; е — круглый; ж — прямо­угольный.

Наиболее распространены во всех областях хозяйства крепёжные цилиндрические правые резьбы с треугольным профилем нарезки и нормальным шагом. В особых случаях применяются резьбовые детали с левой нарезкой (например, резьбовое соединение оси левой педали велосипеда с шатуном). В большинстве стран, пользующихся метрической системой мер, применяется метрическая резьба.

Метрическая резьба является основной крепежной резьбой.

Метрическая резьба (см. табл.1) является основным типом кре­пежной резьбы. Профиль резьбы установлен ГОСТ 9150–81 и представляет собой равносторонний треуголь­ник с углом профиля α= 60°. Профиль резьбы на стержне отличается от профиля резьбы в отверстии ве­личиной притупления его вершин и впадин. Основными параметрами метрической резьбы являются: номиналь­ный диаметр – d(D) и шаг резьбы – Р, устанавливае­мые ГОСТ 8724–81 в миллиметрах.

Метрические резьбы бывают с крупным и мелким шагом (табл. 2). По ГОСТ 8724–81 каждому номинальному размеру резьбы с крупным шагом соответствует несколько мел­ких шагов. Резьбы с мелким шагом применяются в тонкостенных соединениях для увеличения их герметич­ности, для осуществления регулировки в приборах точ­ной механики и оптики, с целью увеличения сопро­тивляемости деталей самоотвинчиванию. В случае, если диаметры и шаги резьб не могут удовлетворить функци­ональным и конструктивным требованиям, введен СТ СЭВ 183–75 «Резьба метрическая для приборо­строения». Если одному диаметру соответствует несколь­ко значений шагов, то в первую очередь применяются большие шаги. Диаметры и шаги резьб, указанные в скобках, по возможности не применяются.

В случае применения конической метрической (см. табл.1) резьбы с конусностью 1:16 профиль резьбы, диаметры, шаги и основные размеры установлены ГОСТ 25229–82. При соединении наружной конической резьбы с внутренней цилиндрической по ГОСТ 9150–81 должно обеспечиваться ввинчивание наружной кониче­ской резьбы на глубину не менее 0,8.

Таблица 2. Метрическая резьба (размеры, мм)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| d | Резьба с крупным шагом | | | С мелким шагом | | |
| p | d1 | d2 | p | d1 | <h |
| 6 | 1 | 4,918 | 5,350 | 0,75 | 5,188 | 5,513 |
| 8 | 1,25 | 6,647 | 7,188 | 1 | 6,918 | 7,350 |
| 10 | 1,5 | 8,376 | 9,026 | 1,25 | 8,647 | 9,188 |
| 12 | 1,75 | 10,106 | 10,863 | 10,647 | 11,188 |
| (14) | 2 | 11,835 | 12,701 | 1,5 | 12,376 | 13,026 |
| 16 | 2 | 13,835 | 14,701 | 1,5 | 14,376 | 17,026 |
| (18) | 2,5 | 15,294 | 16,376 | 1,5 | 16,376 | 1-7,026 |
| 20 | 2,5 | 17,294 | 18,376 | 1,5 | 18,376 | 19,026 |
| (22) | 2,5 | 19,294 | 20,376 | 1,5 | 20,376 | 21,026 |
| 24 | 3 | 20,752 | 22,051 | 2 | 21,835 | 22,701 |
| (27) | 3 | 23,752 | 25,051 | 2 | 27,835 | 28,701 |

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения: d — наружный диаметр резьбы (болта);

р — шаг резьбы; d1 — внутренний диаметр наружной резьбы; d2 — сред­ний диаметр наружной резьбы.

Дюймовая резьба (см. рис. 6, б) относится к крепежной резьбе.

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. В СНГ ее применяют только для резьбовых деталей старых, а также им­портных машин (США и др.). Дюймовая резьба характеризуется тем, что имеет треугольный профиль с углом α= 55°, а диаметр измеряется в дюй­мах, шаг — числом ниток резьбы на длине в 1".

Эта резьба была стандартизована для наружных диаметров d= 3/16" - 4" и числом ниток на 1" от 28 до 3. При обозначении дюймовой резьбы наружный диаметр указывают в дюймах.

Коническая дюймовая резьба (угол профиля 60°, конусность 1:16) обеспечивает герметичное соединение без применения дополнительных уплотняющих материалов при более равномерном в сравнении с другими резьбами распределении нагрузки по виткам, позволяет компенсировать износ нарезки за счёт затяжки при завинчивании. Детали с конической резьбой широко применяются в гидравлических и смазочных системах. Резьбовые соединения с этой резьбой выдерживают без потери герметичности давление до нескольких десятков МПа.

Трубную цилиндрическую (рис.6,в) резьбу используют как крепежно-уплотняющую. В соответствии с ГОСТ 6367–81 трубная цилиндри­ческая резьба имеет профиль дюймовой резьбы, т.е. равнобедренный треугольник с углом при вершине, рав­ным 55° (см. табл.1). Для лучшего уплотнения резьбу выполняют с закругленным треугольным профилем без зазоров по выступам и впадинам. Условное обозначение резьбы дается по внутреннему диаметру (в дюймах) трубы, на которой она нарезана.

Резьба стандартизована для диаметров от 1/16" до 6" при числе шагов z от 28 до 11. С целью максимального сохранения толщины стенок трубы трубная резьба выполняется «мелкой», то есть с уменьшенными шагами. 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.

Трубную резьбу применяют для соединения труб бытовых водопроводных и отопительных систем, а также тонкостенных деталей цилиндрической формы. Такого рода профиль (55°) рекомендуют при повышен­ных требованиях к плотности (непроницаемости) труб­ных соединений. Применяют трубную резьбу при соеди­нении цилиндрической резьбы муфты с конической резь­бой труб, так как в этом случае отпадает необходи­мость в различных уплотнениях.

Трубную  коническую (рис.6,д) резьбу используют как крепежно-уплотняющую.

Параметры и размеры трубной конической резьбы определены ГОСТ 6211–81, в соответствии с которым профиль резьбы соответствует профилю дюймовой резь­бы (см. табл.1.2.1). Резьба стандартизована для диаметров от 1/16" до 6" (в основной плоскости размеры резьбы соответствуют размерам трубной цилиндрической резьбы).

Нарезаются   резьбы   на  конусе с углом   конусности φ/2 = 1°47'24" (как и для метрической конической резь­бы), что соответствует конусности 1:16.

Конические резьбы обеспечивают герметичность соединения резь­бовых деталей без специальных уплотнений. Применение конической резьбы позволяет резко уменьшить время (угол относительного поворота винта и гайки) завинчивания и отвинчивания, что часто имеет решающее значение для быстроразборных соединений. Применяется резьба для резьбовых соединений топ­ливных, масляных, водяных и воздушных трубопроводов машин и станков. Для возможности свертывания конических резьб с цилиндрическими, биссектриса угла профиля конусной резьбы по ГОСТ перпендикулярна оси.

Прямоугольная резьба (см. рис.6, ж) относится к резьбам для пе­редачи движений под нагрузкой; имеет прямоугольный или квадратный про­филь; диаметр и шаг измеряют в миллиметрах. Прямоугольная резьба не стандартизована и применяется сравнительно редко, так как наряду с преимуществами, заключающимися в более высоком коэффициенте полезного действия, чем у трапецеидальной резьбы, она менее прочна и сложнее  в производстве. Она легко изготавливается на токарно-винто­резных станках, но неудобна для массового производства. Углы во впадинах являются сильными концентраторами напряжений, что резко снижает усталостную прочность винта. По этой причине резьба применяется ограниченно в малонагруженных передачах.  Ее заменяют трапе­цеидальной — более удобной в изготовлении. Применяется при изготовлении винтов, домкратов и ходовых винтов.

Трапецеидальную резьбу (см. рис.6, з) широко применяют в подвижных пере­дачах винт-гайка. Она имеет симметричный трапецеидальный профиль с углом профиля α= 30°. (см. табл.1). Для червяков червячных передач угол профиля α= 40°. Основные размеры диаметров и ша­гов трапецеидальной однозаходной резьбы для диамет­ров от 10 до 640 мм устанавливают ГОСТ 9481–81. По сравнению с прямоугольной трапецеидальная резьба при одних и тех же габаритах имеет большую прочность, более технологична в изго­товлении. Трапецеидальная резьба применяется для преобразова­ния вращательного движения в поступательное при зна­чительных нагрузках и может быть одно- и многозаходной (ГОСТ 24738–81 и 24739–81), а также правой и левой. Трапецеидальная резьба при использовании гайки, разъемной по осевой плоскости (например, у ходовых винтов станков), позволяет выби­рать зазоры путем радиального сближения половин гайки при ее изнаши­вании.

Размеры некоторых трапецеидальных резьб приведены в табл. 3. При обозначении указывают тип, наружный диаметр и шаг резьбы в мил­лиметрах.

Таблица 3. Трапецеидальная резьба (размеры, мм)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| d | Р | d2 | d1 | d | Р | d2 | d1 |
| 16 | 2  4 | 15  14 | 13,5  11,5 | 50 | 3  8  12 | 48,5  46  44 | 46,5  41  37 |
| 20 | 2  4 | 19  18 | 17,5  15,5 | (55) | 3  8  12 | 53,5  51  49 | 51,5  46  42 |
|  | 3 | 25 | 23,5 |  | 3 | 58,3 | 56,5 |
| 26 | 5 | 23,5 | 20 | 60 | 8 | 56 | 51 |
|  | 8 | 22 | 17 |  | 12 | 54 | 47 |
|  | 3 | 30,5 | 28,5 |  | 4 | 68 | 65,5 |
| 32 | 6 | 29 | 25 | (70) | 10 | 65 | 59 |
|  | 10 | 27 | 21 |  | 16 | 62 | 53 |

Упорную резьбу (см. рис. 6, и) применяют в нажимных винтах с большой односторонней осевой нагрузкой. Упорная резьба, стандартизованная ГОСТ 24737–81, имеет профиль неравнобокой трапеции, одна из сторон которой наклонена к вертикали под углом 3°, т.е. рабо­чая сторона профиля, а другая – под углом 30° (см. табл.1). Форма профиля и значение диаметров шагов для упорной однозаходной резьбы устанавливает ГОСТ 10177–82. Резьба стандартизована для диаметров от 10 до 600 мм с шагом от 2 до 24 мм и применяется при больших односторонних усилиях, действующих в осевом направлении.

Закругление (см. размер е, рис. 6, и) повышает прочность винта. Условное обозначение упорной резьбы для наружного диаметра 80 мм и шага 16 мм — S 80х16, т. е. аналогично обозначению трапецеи­дальной резьбы.

Круглая резьба. Круглая резьба стандартизована. Профиль круглой резьбы образован дугами, связанными между собой участками прямой линии. Угол между сторонами профиля α= 30° (см. табл.1). Винты с такой резьбой обладают высокой усталостной прочностью. Кроме того, данная резьба высокотехнологична при изготовлении без снятия стружки (отливка, прессование, накатка, выдавливание из тонкого листа). Резьба применяется огра­ниченно: для водопроводной арматуры, в отдельных слу­чаях для крюков подъемных кранов, а также в условиях воздействия агрессивной среды.

Достоинства и недостатки резьбовых соединений

Резьбовые соединения имеют ряд существенных достоинств:

- высокая надёжность;

- технологичность;

- возможность регулировки силы сжатия;

- возможность создания больших осевых нагрузок при относительно низких усилиях на инструменте (ключе);

- возможность фиксации в затянутом состоянии вследствие эффекта самоторможения;

- удобство сборки и разборки с применением стандартного набора инструментов (ключи, отвёртки);

- простота конструкции и возможность точного изготовления;

- наличие широкой номенклатуры стандартных изделий (винты, бол­ты гайки);

- низкая стоимость крепёжных изделий благодаря массовости и вы­сокой степени автоматизации производства;

- малые габариты в сравнении с соединяемыми деталями.

Недостатки резьбовых соединений:

- высокая концентрация напряжения в дне резьбовой канавки вследствие малых радиусов скругления;

- значительные энергопотери в подвижных резьбовых соединениях (низкий коэффициент полезного действия);

- большая неравномерность распределения нагрузки по виткам резьбы (первый виток воспринимает, как правило, до 55% приложенной к соединению осевой нагрузки);

- склонность к самоотвинчнванию при воздействии знакопеременных осевых нагрузок;

- ослабление соединения и быстрый износ резьбы при частых разборках и сборках.

Способы изготовления резьбы

Резьбы могут быть изготовлены:

- нарезанием слесарным инструментом — метчиками, плашками (как вручную, так и на станках). Для нарезания наружной резьбы используют различные резцы, плашки, резьбовые гребенки и фрезы, а для внутренней резьбы – метчики. Способ малопроизводительный. Этот метод применяют в индивидуальном производстве и при ремонтных работах;

- нарезанием резцом на токарно-винторезном станке или на специаль­ных болтонарезных станках;

- фрезерованием на специальных резьбофрезерных станках. Применяют для нарезки винтов больших диаметров с повышенными требованиями к точности резьбы (ходовые и грузовые винты, резьбы на валах и т. д.);

- накаткой на специальных резьбонакатных станках. Этим высокопроизводительным и дешевым способом изготовляют большинство резьб стандартных крепежных деталей (болты, винты и т. д.). Накатка существенно упрочняет резьбовые детали;

- отливкой чугунных, пластмассовых, стеклянных деталей и деталей из цветных сплавов;

- выдавливанием для тонкостенных деталей (например, из латуни).

Условное изображение резьбы на чертеже

Построение винтовой поверхности на чертеже – длительный и сложный процесс, поэтому на чертежах изделий резьба изображается условно, в соответствии с ГОСТ 2.311–68. Винтовую линию заменяют двумя линиями – сплошной основной и сплошной тонкой.

Резьбы подразделяются по расположению на поверх­ности детали на наружную и внутреннюю.

Условное изображение резьбы на стержне.

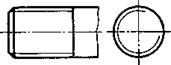


Рис.7

Наружная резьба на стержне (рис.7) изображается сплошными основными линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими – по внутреннему диаметру, а на изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендику­лярную оси стержня, тонкую линию проводят на 3/4 ок­ружности, причем эта линия может быть разомкнута в любом месте (не допускается начинать сплошную тон­кую линию и заканчивать ее на осевой линии). Рас­стояние между тонкой линией и сплошной основной не должно быть меньше 0,8 мм и больше шага резьбы, а фаска на этом виде не изображается. Границу резьбы наносят в конце полного профиля резьбы (до начала сбега) сплошной ос­новной линией, если она видна. Сбег резьбы при необходимости изображают сплошной тонкой линией.

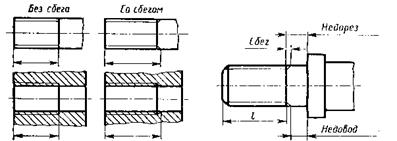


Рис.8

Из технологических соображений на части детали (стержня) может быть осуществлен недовод резьбы. Суммарно недовод резьбы и сбег представляют собой недорез резьбы (ГОСТ 10548–80). Размер длины резьбы указывается, как правило, без сбега.

Условное изображение резьбы в отверстии

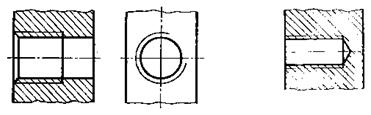


Рис.9

Внутренняя резьба – изображается сплошной основ­ной линией по внутреннему диаметру и сплошной тонкой – по наружному. Если при изобра­жении глухого отверстия, конец резьбы располагается близко к его дну, то допускается изображать резьбу до конца отверстия. Резьбу с нестандарт­ным профилем следует изображать.

Условное изображение резьбы в сборе.

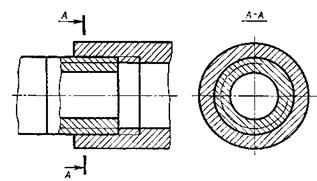


Рис.10

На разрезах резьбового соединения в изображении на плоскости, параллельной его оси в отверстии, показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня.

Штриховку в разрезах и сечениях проводят до сплошной основной линии, т.е. до наружного диаметра наружной резьбы и внутреннего диаметра внутренней.

Таблица 4. Условное изображение резьб

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип резьбы | Условное  обозначе­ние  типа резьбы | Размеры,  указываемые  на чертеже | Обозначение резьбы на чертежах | | | |
| на изображениях в плоскости, параллельной оси резьбы | | на изображениях  в плоскости, перпендикулярной оси резьбы | |
| на стержне | В отверстии | на стержне | В отверстии |
| Метрическая с крупным шагом  ГОСТ 9150-81 | M | Наружный  диаметр  (мм) | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image471.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image472.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image473.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image474.jpg |
| Метрическая с мелким шагом  ГОСТ 9150-81 | M | Наружный диаметр  и шаг резьбы (мм) | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image475.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image476.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image477.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image478.jpg |
| Трапецеидальная однозаходная  ГОСТ 9484-81  (СТ СЭВ 146-78) | Tr | Наружный диаметр  и шаг резьбы (мм) | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image481.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image482.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image485.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image486.jpg |
| Трубная цилин­дрическая  ГОСТ 6357-81  (СТ СЭВ 1157-78) | G | Условное обозначе­ние  в дюй­мах | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image487.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image488.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image489.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image490.jpg |
| Коническая дюй­мовая  ГОСТ 6111-52 | K | Условное обозначе­ние  в дюй­мах | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image491.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image492.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image493.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image494.jpg |
| Трубная  кониче­ская  ГОСТ 6211–81  (СТ СЭВ 1159–78):  наружная и внутренняя | R  Rc | Условное обозначе­ние  в дюй­мах | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image497.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image498.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image499.jpg | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image500.jpg |

Для обозначения резьб пользуются стандартами на отдельные типы резьб. Для всех резьб, кроме конических и трубной цилиндрической, обозначения относятся к на­ружному диаметру и проставляются над размерной ли­нией, на ее продолжении или на полке линии-выноски. Обозначения конических резьб и трубной цилиндри­ческой наносят только на полке линии-выноски.

Резьбу на чертеже условно обозначают в соответ­ствии со стандартами на изображение, диаметры, шаги и т. д.

Метрическая резьба обозначается в соответствии с ГОСТ 9150–81.

Метрическая резьба подразделяется на резьбу с крупным шагом, обозначаемой буквой М с указанием номи­нального диаметра цилиндрической поверхности, на кото­рой резьба выполнена, например М12, и резьбу с мелким шагом, обозначаемой указанием номинального диаметра, шага резьбы и поля допуска, например М24×2–6g или М12×1–6Н.

При обозначении левой резьбы после условного обо­значения ставят LH.

Многозаходные резьбы обозначаются, например трех-заходная, М24×З(P1)LH, где М – тип резьбы, 24 – номинальный диаметр, 3 – ход резьбы, P1 – шаг резьбы. Приведенные обозначения левой и многозаходной резьб могут быть отнесены ко всем метрическим резьбам.

Метрическая коническая резьба обозначается в соот­ветствии с ГОСТ 25229–82. В обозначение резьбы включаются буквы МК. Применяются соединения внут­ренней цилиндрической резьбы с резьбой наружной конической. Размеры элементов профиля конической и цилиндрической резьб принимаются по ГОСТ 9150–81. Соединение  такого типа должно обеспечивать ввинчи­вание конической резьбы на глубину не менее 0,8l (где l – длина резьбы без сбега). Обозначение внут­ренней цилиндриче­ской резьбы состоит из номинального диа­метра, шага и номера стандарта (например: М20×1,5 ГОСТ 25229–82).

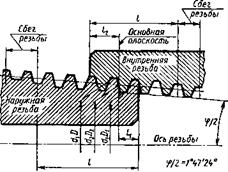


Рис.11

Соеди­нение внутренней ци­линдрической резьбы с наружной конической (рис.11) обозначается дробью М/МК, но­минальным диаметром, шагом и номером стандарта: М/МК 201,5LH ГОСТ 25229–82. При отсутствии особых требований к плотности соединений такого рода или при применении уплотне­ний для достижения герметичности таких соединений номер стандарта в обозначении соединений опускается, например: М/МК 20×1,5 LH.

Поле допуска среднего диаметра внутренней цилинд­рической резьбы должно соответствовать 6Н по ГОСТ 16093–81, а предельное отклонение внутреннего диа­метра и среза впадин внутренней цилиндрической резь­бы принимается в пределах: верхнее предельное откло­нение (+0,12) ... (+0,15), а нижнее предельное откло­нение равняется 0.

Трубная цилиндрическая резьба. Условное обозначе­ние резьбы состоит из буквы G, обозначения размера резьбы, класса точности среднего диаметра (А или В). Для левой резьбы применяется условное обозначе­ние LH. Например, G11/2LH–В–40 длина свинчивания, указываемая при необходимости.

Соединение внутренней трубной цилиндрической резь­бы класса точности А с наружной трубной  конической резьбой по ГОСТ 6211–81 обозначается следующим об­разом:  например,  G/Rp–11/2–А.

При обозначении посадок в числителе указывается класс точности внутренней резьбы, а в знаменателе — наружной. Например: G 11/2–А/В.

Трубная коническая резьба. В обозначение резьбы входят буквы: R – для конической наружной резьбы, Rc – для конической внутренней резьбы, Rp – для ци­линдрической внутренней резьбы и обозначение размера резьбы. Для левой резьбы добавляются буквы LH. Ус­ловный размер резьбы, а также ее диаметры, измерен­ные в основной плоскости, соответствуют параметрам трубной цилиндрической резьбы, имеющей тот же услов­ный размер. Поэтому детали с трубной конической резьбой достаточно часто применяются в соединениях с деталями с трубной цилиндрической резьбой, что обес­печивает достаточно высокую герметичность соединений. Резьбовые соединения обозначаются в виде дроби, в числителе которой указывается буквенное обозначение внутренней резьбы, а в знаменателе – наружной. При­мер обозначения:

G/R11/2–А - внутренняя трубная ци­линдрическая резьба класса точности А по ГОСТ 6357–81.

Трапецеидальная резьба. Условное обозначение тра­пецеидальной резьбы состоит из букв Тr, номинального диаметра, хода Рn и шага Р. Например: Tr20×4LH–8H, где LH – обозначение левой резь­бы, 8Н – основное отклонение резьбы.

При необходимости вслед за основным отклонени­ем резьбы указывается длина свинчивания L (в мм). Например: Тг40×6–8g–85; 85 – длина свинчива­ния.

Резьба упорная. Обозначение резьбы состоит из бук­вы S, номинального диаметра, шага и основного откло­нения S80×10–8Н.

Для левой резьбы после условного обозначения резь­бы указывают буквы LH.

Для многозаходной резьбы вводят дополнительно зна­чение хода совместно с буквой Р и значение шага. Так, двухзаходная резьба с шагом 10 мм обозначается S80×2(P10).

Прямоугольная резьба не стандартизована. При изоб­ражении прямоугольной резьбы рекомендуется вычер­чивать местный разрез, на котором проставляют необ­ходимые размеры.

Специальные резьбы. Если резьба имеет стандартный профиль, но отличается от соответствующей стандарт­ной резьбы диаметром или шагом, то резьба называется специальной. В этом случае к обозначению резьбы добавляется надпись Сп, а в обозначении резьбы ука­зываются размеры наружного диаметра и шага резьбы, например: Сп.М19×1Д. Резьба с нестандартным про­филем изображается так, как это представлено в табл.1, с нанесением размеров, необходимых для изго­товления резьбы.

Конструкции резьбовых деталей и применяемые материалы

Традиционные конструкции

К этой группе отнесены хорошо известные и широко применяемые – болты с нормальной и уменьшенной шестигранной головкой, винты и винты самонарезающие с полукруглой, потайной, полупотайной, плоской головками, прямым и крестообразным шлицем типа Н, шпильки, гайки шестигранные нормальные, низкие и высокие, гайки прорезные и корончатые, гайки и болты приварные, гайки неподвижные (клинч) и закладные квадратные,  пальцы, штифты, заклёпки, разнообразные виды шайб – плоские нормальные и увеличенные, пружинные, стопорные зубчатые, с лапками, с носиком и др.

Основные резьбовые крепежные детали — болты, винты, шпильки, гайки, а также шайбы и устройства, предохраняющие резьбовые соединения от са­моотвинчивания, гаечные ключи.

Болтом (см. рис. 14, а) назы­вается резьбовое изделие цилиндриче­ской (или конической) формы, снабжен­ное на одном конце головкой, а на дру­гом резьбой, на которую навинчивается гайка. На рис. 14, б показан винт.

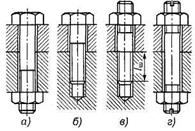


Рис. 14. Типы резьбовых соединений: а — болтовое;

б — соединение винтом; в, г — соединение шпилькой

Резьбовое изделие цилиндрической формы, снабженное на одном конце го­ловкой, а на другом резьбой (гайкой слу­жит деталь), называется винтом.

Болты ГОСТ 7798-70 и др. применяются:

- для скрепления деталей не очень большой толщины при наличии места для головки болта и гайки.

- для скрепления деталей, не обеспечивающих достаточную надёжность и долговечность резьбы; при необходимости частого завинчивания и отвинчивания.

Отвер­стия в соединяемых болтами деталях выполняют несколько большего диаметра, чтобы можно было легко вставить болт, не повредив резьбы. С торца го­ловку болта обтачивают на конус (снимают фаску), чтобы срезать вершины углов призмы, которые могут создавать затруднения при захватывании ключом. Болт требует для размещения гайки много места что увеличивает габариты и вес конструкции. Зато, при обрыве он легко заменяется.

Винт может иметь головку разной формы, в частности и шестигранную. Винт ввертывается в корпус и поэтому требует мало места для размещения,  что сокращает размеры и вес конструкции. Однако, при сборке, резьба в корпусе (в особенности чугунном или алюминиевом) может быть повреждена. При обрыве трудно извлечь оставшуюся в резьбе часть винта.

Применять винтовое и шпилечное соединения необходимо, когда установка болтов нерациональна. При многократных разборках-сборках соединений винтовое соединение применять не следует.

Резьбу у болтов накатывают или нарезают на заготовках, полученных горячей высадкой из прутка. Болты также изготовляют из фасонного прут­ка (шестигранного или другого профиля) на токарно-винторезных станках или автоматах.

Болты и винты находят широкое применение во всех отраслях маши­ностроения для получения разъемных соединений. Они стандартизованы.

Конструктивные формы болтов и винтов

По форме головки болты и винты бывают с шестигранной головкой (рис. 15, а), квадратной (рис. 15, б), цилиндрической (рис. 15, в), полукруглой (рис. 15, г), по­тайной (рис. 15, д) с углублением под шестигранный ключ (рис. 15, е) или специальную отвертку (рис. 15, ж). Имеются и другие конструкции головок.

Болты, как правило, имеют головку, захватываемую снаружи инстру­ментом — гаечным ключом, рис. 15, а, б, винты — специальным торцо­вым ключом (рис. 15, в—ж) и с головками, препятствующими провороту винта.

 Головки винтов с наружным захватом. Обеспечивают наиболь­шую силу затяжки, но при этом требуется больше места для захва­та ключом. Широкое распространение получила шестигранная головка (рис. 15, а,б), для которой требуется поворот гаечного клю­ча на 1/6 оборота до перехвата за следующие грани (при условии, что ключ не переворачивается). Для уменьшенной шестигранной головки нужно меньше места для раз­мещения. Это позволяет снизить массу конструкции. В условиях частого завинчивания и отвинчивают и при наличии свободного пространства для поворота ключа применяют квадратные головки, которые при тех же габаритах имеют более широкие грани.

Головки с торцовым захватом. Можно размещать в углублениях, что улучшает внешний вид, уменьшает габариты и создает удобства обслуживания машины. В зависимости от формы применяе­мого инструмента такие головки выполняют: о внутренним шести­гранником (см. рис. 15,е). шлицем под обычную отвертку (см. рис.15,в) или с крестовым шлицем под специальную отвертку (см. рис.15, ж). Винты с внутренним шестигранником обслуживаются простым ключом в виде изогнутого под прямым углом прутка шестигранного профиля. Широкое применение винтов с внутренним шестигранником объясняется тем, что проч­ность граней шестигранного отверстия меньше прочности стержня винта, и его невозможно оборвать при затяжке, а процесс затяж­ки легко поддается автоматизации. Головки винтов для завинчи­вания отверткой (см. рис. 15,е) могут быть цилиндрическими, полукруглыми, потайными или полупотайными. Головки с крестовым шлицем (см. рис.15,ж) более совершенны, так как такой шлиц луч­ше сопротивляется обмятию.

Головки, препятствующие провороту. Подразделяют на голов­ки специальной формы, закладываемые в гнезда, или головки с двумя параллельными рабочими гранями, закладываемые в пазы, и круглые головки с усиком, вызывающие обмятие детали.

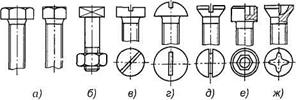


Рис. 15. Виды болтов и винтов

Концы болтов и винтов выполняют плоскими (рис. 16, а), с кониче­ской фаской (рис. 16, б) или сферическими (рис. 16, в).

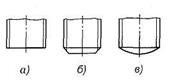


Рис. 16. Конструктивные эле­менты болтов, винтов и шпилек

В зависимости от формы стержня болты и винты бывают с нормальным стержнем (рис. 17,а); с подголовком (рис.17,б); с точно обработанным утолщенным стержнем для постановки без зазора в отверстие из-под развертки (рис.17, в); со стержнем уменьшенного диаметра ненарезанной части для повышения упругой податливости и выносливости при динамических нагрузках (рис.17, г).

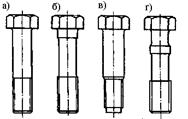


Рис. 17. Формы стержня болтов и винтов

В зависимости от точности изготовления болты и винты выполняют нормальной, повышенной и грубой точности.

В зависимости от назначения болты и винты бывают общего назначения, установочные и специальные.

Винты, показанные на рис. 18, называются установочными. Их приме­няют для фиксации положения деталей и предотвращения их сдвига, например, при соединении двух валов с помощью втулки и шпонок, осевая фиксация втулки относительно вала осуществляется с помощью установочных винтов. Винты с плоским торцом (рис. 18, а) можно применять при малой толщине дета­лей; с коническим (рис. 18, б) и ступенчатыми (рис. 18, в, г) — для деталей, имеющих предварительное засверливание. Установочные винты изготавливаются небольшой длины с резьбой по всей длине. Винты с засверленным концом (рис. 18, д) используют совместно с шариком).

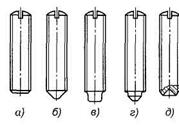


Рис. 18. Установочные винты

К специальным болтам относят фундаментные болты (рис.19,а) для соединения машин с фундаментом; болты конусные для отверстий из – под развертки (рис. 19, б), грузовые винты (рым-болты, рис. 19, в), распорные болты для сохранения постоянного расстояния между соединяемыми деталями; анкерные болты для укрепления станин машин, работающих с динамическими (ударными) нагрузками, к фундаменту; откидные болты для закрепления и освобождения деталей в часто разбираемых соединениях; установочные винты для закрепления на валу установочных колец, небольших шкивов, указателей и т. д. с целью предотвратить их смещение вдоль оси вала при небольших осевых силах.

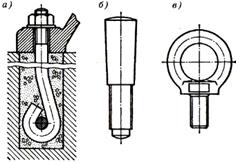


Рис.19. Примеры специальных болтов

Шпильки

На рис. 14, в, г пока­зана шпилька. Шпильки применяют, когда по конструктивным особенностям соедине­ний установить болт или винт нельзя и когда по условию эксплуатации требуется частая разборка и сборка соединения деталей, одна из которых имеет большую толщину. Применение винтов в этом случае привело бы к преждевременному износу резьбы детали при многократном отвинчивании и завинчивании. При динамических нагрузках прочность шпилек выше, чем прочность болтов. Шпильку ввинчивают в деталь при помощи гайки, навинченной поверх другой гайки или при помощи специального шпильковерта.

Шпилька — резьбовое изделие цилинд­рической формы, имеющее с обоих концов резьбы, один конец которой (головка) ввинчивается в деталь, для чего имеет с этой стороны тугую нарезку, а на другой навин­чивается гайка. Резьбовое изделие, показан­ное на рис. 14, г, можно назвать бол­том-шпилькой.

При разборке свинчивается только гайка и тугая резьба в корпусе не повреждается. Шпильки рекомендуется применять при чугунных или алюминиевых корпусах.

Шпильки делят на два типа по ГОСТ 11765-81: с проточ­кой (рис. 20, а); без проточки, со сбегом резьбы на посадочном конце (рис. 20, б). Один конец шпильки ввинчива­ется в тело детали до отказа с затяжкой на сбег резьбы (шпилька ввинчива­ется, например, с помощью двух гаек, рис. 37, а). Диаметр резьбы на обоих концах шпильки, как правило, одинаков. Глубина ввинчи­вания lш зависит от материала детали, определяется по табл. 5.

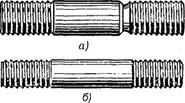


Рис. 20. Конструкции  шпилек

Таблица 5. Минимальная относительная длина завинчивания lш в корпус шпилек (винтов),

изготовленных из различных материалов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| σв стальной шпильки (винта), МПа | lw/d при материале корпуса (σв, МПа) | | | | |
| Сталь  (300-400) | Дюралюминий (360-400) | Бронза  (250-200) | Чугун (180-250) | Силумин (160-200) |
| 400-500 | 0,8-0,9 | 0,8-0,9 | 1,2-1,3 | 1,3-1,4 | 1,4-2,0 |
| 900-1000 | 1,6-2,0 | 1,6-2,0 | 1,8-2,2 | 1,8-2,2 | 2,0-2,5 |

Гайки

Болты и шпильки снабжены гайками.

Гайки имеют различную форму. Наиболее распространены шестигран­ные гайки. На рис. 21 показаны шестигранные гайки, применяемые в ма­шиностроении: а — с одной фаской; б — с одной фаской и проточкой; в — прорезные; г — корончатые. У корончатых гаек для установки стопорных шплинтов выполнены прорези. Имеются и другие конструктивные разно­видности шестигранных гаек. В зависимости от высоты шестигранные гайки бывают нормальные, высокие и низкие. Высокие гайки применяют при частых разборках и сборках для уменьшения износа резьбы. Прорезные и корончатые гайки также выполняют высокими. В зависимости от точности изготовления шестигранные гайки, аналогично болтам, бывают нормальной и повышенной точности. Для крепления подшипников качения, руле­вого устройства в велосипедах, мотоциклах и других машинах применяют круглые гайки со шлицами (рис. 21, д). При частом отвинчивании и за­винчивании с небольшой силой затяжки применяют гайки-барашки (рис. 21, е, ж).

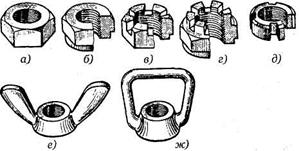


Рис. 21. Конструктивные формы гаек

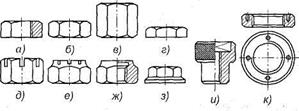


Рис. 22. Гайки

На рис. 22: в — шестигранная гайка с двумя фасками для больших осевых нагрузок; г — шестигранная гайка с одной фаской для незначительных осевых нагрузок; ж — шестигранная гайка с глухим резьбовым отверстием; з — шестигранная гайка с буртиком; и — круглая гайка с накаткой и углублением под ключ; к — круглая гайка с от­верстиями на торце под ключ.

Винты самонарезающие

Соединения, образуемые самонарезающими винтами, широко распространены в машиностроении и других отраслях и продолжают динамично развиваться. Их отличает высокая технологичность работ по выполнению соединений – не требуется нарезки резьбы в отверстии, можно обойтись без гайки, имеется возможность получать отверстие во время сборочной операции. Самонарезающие винты применяются с деталями из низкоуглеродистых сталей, сплавов на основе алюминия и меди, из пластмасс. В порядке информации: название «самонарезающий» не соответствует фактическому характеру образования резьбы таким винтом. Резьба винта не срезает материал, а вдавливается в него, то есть имеет место пластическая деформация.

При проектировании следует руководствоваться стандартами:

ГОСТ Р ИСО 1478-93 Резьба винтов самонарезающих,  ГОСТ Р ИСО 2702-93  Винты самонарезающие стальные термически обработанные. Общие технические условия, ГОСТ Р ИСО 7049; 7050 и 7051-93 Винты само-нарезающие с цилиндрической головкой и сферой с крестообразным шлицем. Технические условия  (соответственно с потайной и полупотайной головками). Российских стандартов на винты с фасонной головкой и фланцем, а также винтов со звездообразным приводом пока нет, хотя это одни из наиболее прогрессивных конструкций.

 Применение новых видов самонарезающих винтов в РФ осложнено из-за разных размеров резьбы. В табл. 6 приведены параметры резьбы – наружный диаметр ST  и шаг Р  (в мм) по трём, одновременно действующим в настоящее время стандартам. Соответственно различаются  стандарты на конструкции и размеры винтов.

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ГОСТ 10618-80 | ST  Р | 3  1,25 | | 4  1,75 | 5  2,0 | 6  2,5 | |
| Нормы  Фиат-ВАЗ табл.01531,  СТП 37.101.7506-76 | ST  Р | 2,9  1,058 | 3,6  1,411 | 4,3  1,693 | 4,9  2,177 | 5,6  2,309 | 6,5  2,540 |
| ГОСТ Р ИСО 1478-93  ИСО 1478-2005 | ST  Р | 2,9  1,1 | 3,5  1,3 | 4,2  1,4 | 4,8  1,6 | 5,5  1,8 | 6,3  1,8 |

В таблице 9 приведена новая форма конца винтов самонарезающих, согласно стандарту ИСО 1478-2005 - скруглённый - тип R. В ближайшее время ожидается, что все российские стандарты на  самонарезающие винты будут приведены в соответствие с последними версиями стандартов ИСО. Это необходимо учитывать при новом проектировании.

Для соединений с самонарезающими винтами важно правильно назначить диаметр отверстия в зависимости от толщины листа, глубины отверстия и марки материала детали. На рис.29 показаны основные варианты соединений листовых деталей. При соединении листов толщиной S больше шага резьбы Р  в верхнем листе выполняют отверстие диаметром  D > d1, где d1 – наружный диаметр резьбы,  а в нижнем – диаметр  dотв, который зависит от толщины этого листа. Если толщина металлического листа  S < Р, то отверстие может быть проколото самонарезающим винтом с конусным концом  сразу в обоих листах. Одно из наиболее рациональных решений – выполнить в нижнем листе отверстие с отбортовкой – прочность соединения на вырывание винта возрастает в 1,5…1,8 раза.  Популярностью пользуются соединения с одновитковой  U-образной пластинчатой гайкой (таблица 9), обладающей стопорящими свойствами.



Рис. 29

При определении размеров отверстий детали под винт надо стремиться обеспечить наибольшую прочность соединения. При S < (1-2)Р диаметр отверстия должен лишь незначительно превышать внутренний диаметр резьбы винта d2. Такие детали образуют соединения типа «одно- или двухвитковая гайка». ГОСТ Р ИСО 2702-93 устанавливает минимальное сопротивление скручиванию (отрыву) головки винта Мскр, которое служит ориентиром при проектировании соединений: вращающий момент, необходимый для установки винтов, не должен превышать 70…75% от момента скручивания.

За критерий оценки прочности соединения можно принять осевую силу вырывания винта. Её можно определить по формуле  F = 1,4d1∙σв∙S + 150.

В табл. 7 приведены данные о ввинчивании самонарезающих винтов  в испытательную пластину и по испытаниям прочности головки винтов на минимальное сопротивление скручиванию по данным, взятым из ГОСТ Р ИСО 1478 и 2702-93.

Таблица 7

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Резьба, мм | | Диаметр резьбы, мм | | Толщина  листа S, мм | Диаметр отверстия  dотв , мм | Сопротивление  скручиванию,  миним., Нм |
| размер | шаг  Р | наружный  d1 | внутренний  d2 |
| ST 2,9 | 1,1 | 2,76…2,9 | 2,08…2,18 | 1,2…1,3 | 2,4…2,5 | 1,5 |
| ST 3,5 | 1,3 | 3,35…3,53 | 2,51…2,64 | 1,85…2,1 | 2,7 |
| ST 3,9 | 1,4 | 3,73…3,91 | 2,77…2,92 | 3,4 |
| ST4,2 | 4,04…4,22 | 2,92…3,10 | 4,4 |
| ST 4,8 | 1,6 | 4,62…4,8 | 3,43…3, 53 | 3,1…3,2 | 4,0…4,1 | 6,3 |
| ST 5,5 | 1,8 | 5,28…5,46 | 3,99…4,17 | 4,74…4,78 | 10,0 |
| ST 6,3 | 6,03…6,25 | 4,79…4,88 | 4,7…5,1 | 5,48…5,52 | 13,5 |

Данные табл. 7 могут быть использованы при проектировании. В отечественной технической и справочной литературе материалов по расчётам и проектированию соединений с самонарезающими винтами крайне мало. Поэтому разработка научно-обоснованных норм и решений является актуальной задачей.

Имеются крепёжные детали с метрической резьбой на стержне трёхгранной (лобулярной) формы. Подобная форма стержня с успехом применяется на самонарезающих винтах, например, для установки в глухие отверстия пластмассовых деталей. Винты с таким стержнем называют «Plastite»  (Пластайт).

Примечание. Широко употребляемое сокращённое название винтов «саморез», конечно, неверное. В технической литературе и документации надо писать «Винт самонарезающий».

Винты сверлящие

Сверлящими могут быть крепёжные детали с самонарезающей и метрической резьбой. На конце резьбовой части имеется сверло (сверлящий конец), способное просверлить отверстие в процессе сборки соединения. Основные характеристики сверлящих самонарезающих винтов и процесса сборки приведены в табл. 8. Получение сверла производится методом штамповки до накатки резьбы. Для этой операции применяют специальные автоматы. Длина сверла назначается (выбирается), исходя из толщины пакета соединяемых (просверливаемых) листов. Важно, чтобы отверстие было просверлено раньше, чем витки резьбы войдут в контакт с отверстием. У метрических винтов канавка сверла должна заходить на 3-4 витка в зону резьбы. Поверхностная твёрдость сверлящей части винтов должна быть не менее 560 НV 0,3, а твёрдость сердцевины 240…425 НV.

Таблица 8

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение резьбы (d1) | ST 2,9 | ST 3,5 | ST 3,9 | ST4,2 | ST4,8 | ST 5,5 | ST 6,3 |
| Внутренний диаметр резьбы, d2, мм | 2,18 | 2,64 | 2,92 | 3,10 | 3,53 | 4,17 | 4,88 |
| Диаметр сверла, d р , мм | 2,3 | 2,8 | 3,1 | 3,6 | 4,1 | 4,8 | 5,8 |
| Диаметр отверстия, dотв, мм | 2,4 | 2,9 | 3,2 | 3,7 | 4,2 | 4,9 | 5,9 |
| Суммарная толщина листов, от…до, мм | 0,7…1,9 | 0,7…2,2 | 0,7…2,4 | 1,8…3 | 1,8…4,4 | 1,8…5,2 | 2…6 |
| Толщина испытат. листа  S, мм | 1,4 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| Осевое усилие сверления, Н | 150 | | | 250 | | 350 | |
| Время испытания на сверление, с | 3 | 4 | 4,5 | 5 | 7 | 11 | 13 |
| Скорость вращения, об/мин | 1800…2500 | | | | | 1000…1800 | |

Таблица 9. Крепёжные детали и их составные части (жирным шрифтом выделены прогрессивные решения)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1.  Винты и винты самонарезающие. Формы головок | | |
| № | Эскиз | Наименование |
| 1.1 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image534.gif | Цилиндрическая  (низкая) |
| 1.2 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image535.gif | Цилиндрическая со сферой |
| 1.3 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image537.gif | Плоская скруглённая |
| 1.4 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image541.gif | Потайная |
| 1.5 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image543.jpg | Полупотайная |
| 1.6 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image545.gif | Полукруглая |
| 1.7 | img042 | Фасонная с фланцем |
| 2. Винты и винты самонарезающие.  Формы внутреннего привода | | |
| 2.1 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image548.gif | Прямой (шлиц) |
| 2.2 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image549.gif | Крестообразный, тип Н (Филлипс) |
| 2.3 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image551.gif | Крестообразный, тип Z (Позидрив) |
| 2.4 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image555.gif | Шестигранный внутренний |
| 2.5 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image557.gif | Квадратный внутренний |
| 2.6 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image559.gif | Звездообразный  внутренний  ГОСТ Р ИСО 10664-2007 |
| 2.7 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image561.jpg | Двенадцатигранный внутренний |
| 2.8 | img040 | Комбинированный  (крестообразный-прямой,  звездообразный-прямой) |
| 2.1 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image548.gif | Прямой (шлиц) |
| 3. Болты. Формы головок | | |
| 3.1 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image564.gif | Шестигранная, шестигранная  уменьшенная |
| 3.2 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image590.gif | Шестигранная с опорным выступом (с мёртвой шайбой) |
| 3.3 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image592.gif | Шестигранная с буртом |
| 3.4 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image594.gif | Шестигранная с фланцем  ДИН 6921, ГОСТ Р 50274-92 |
| 3.5 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image596.gif | Звёздообразная с малым фланцем  (с буртом)  ГОСТ Р 52854-2007 |
| 3.6 | img031 | Звёздообразная с большим фланцем  ГОСТ Р 52855-2007 |
| 3.7 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image601.gif | Двенадцатигранная с фланцем |
| 3.8 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image602.jpg | Квадратная |
| 3.9 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image604.gif | Квадратная с буртом |
| 3.10 | img015 | Цилиндрическая плоская  приварного болта |
| 3.11 | img016 | Приклёпываемая (болта), Rivkle® |
| 3.12 | img058 | Цилиндрическая с насечкой  на подголовке |
| 3.13 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image611.gif | Т – образная (с квадратным  подголовком) |
| 3.14 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image612.gifhttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image614.jpg | Полукруглая (или потайная)  с квадратным подголовком  (или с усом) |
| 4. Болты и винты. Формы стержней | | |
| 4.1 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image615.gifhttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image616.gif  http://www.detalmach.ru/lect2.files/image618.jpghttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image620.gif | Нормальный  (диаметр стержня = диаметру резьбы) |
| 4.2 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image621.jpg | Уменьшенный  (диаметр стержня ≈ среднему диаметру резьбы) |
| 4.3 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image623.gif | Утонённый  (диаметр стержня <  внутреннего диаметра резьбы) |
| 4.4 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image624.gif  http://www.detalmach.ru/lect2.files/image626.jpg | Ступенчатый |
| 4.5 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image628.gifhttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image642.jpg | Резьбозачищающий,  резьбонарезающий |
| 4.6 | 3 | Резьбовыдавливающий |
| 5. Болты, винты, шпильки, винты самонарезающие. Формы концов стержневой части | | |
| 5.1 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image645.gif | Без фаски |
| 5.2 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image646.gif | С фаской |
| 5.3 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image648.gifhttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image650.gif | Конический, с усечённым конусом |
| 5.4 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image652.gifhttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image654.gif | Цилиндрический |
| 5.5 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image656.gifhttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image658.gif | Цилиндрический с конусом,  с усечённым конусом |
| 5.6 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image660.gif | Резьбовыдавливающий |
| 5.7 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image662.gif | Конический с метрической резьбой |
| 5.8 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image664.gif | С режущей кромкой |
| 5.9 | img041 | Со сверлом (сверлящий) |
| 5.10 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image668.gif | Конический  винта самонарезающего (тип С)  ГОСТ Р ИСО 1478-93 |
| 5.11 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image669.gif | Конический скруглённый  винта самонарезающего  (тип R),  ИСО 1478-2005 |
| 5.12 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image671.gif | Плоский  винта самонарезающего (тип F),  ГОСТ Р ИСО 1478-93 |
| 6. Крепёжные детали с внутренней резьбой.  Гайки | | |
| 6.1 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image673.jpghttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image675.jpg | Шестигранная (низкая, высокая)  С опорным выступом (выступами) |
| 6.2 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image676.gif | Шестигранная с буртом |
| 6.3 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image677.gif | Шестигранная с фланцем  ГОСТ Р 50592-93 |
| 6.4 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image679.gif | 12-гранная с фланцем |
| 6.5 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image681.jpghttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image683.gif | Шестигранная прорезная, корончатая |
| 6.6 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image684.gif | Самостопорящаяся  с кольцевой вставкой  из полимера,  ГОСТ Р 52273-92 |
| 6.7 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image686.gif | Самостопорящаяся  цельнометаллическая  с деформированной резьбой  ГОСТ Р 52272-92 |
| 6.8 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image687.gif | Квадратная (закладная) |
| 6.9 | img064 | Неподвижная (клинч) |
| 6.10 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image690.gifhttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image691.gif | Приварные |
| 6.11 | img035 | Пластинчатая U-образная  одновитковая, многовитковая |
| 6.12 | img053 | Приклёпываемая  (заклёпочная),  Rivkle® |

Изображение на чертежах разъемных соединений

ГОСТ 2.315-68 предусматривает упрощенные и условные изображения крепежных деталей на сбо­рочных чертежах.

При упрощенных изображениях (рис.33) резьба показывается по всей длине стержня крепежной резьбовой детали. Фаски, скругления, а также зазоры между стержнем детали и отверстием не изображаются. На видах, полученных проецированием на плоскость, перпен­дикулярную оси резьбы, резьба на стержне изобра­жается одной окружностью, соответствующей на­ружному диаметру резьбы. На этих же видах не изображаются шайбы, приме­ненные в соединении.

Соединение болтом упрощенное. ГОСТ 2.315–68

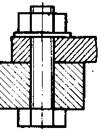


Рис.33

При изображении болтовых соединений размеры болта, гайки и шайбы берутся по соответствующим ГОСТам. На учебных сборочных чертежах, с целью экономии времени, болт, гайку и шайбу рекомен­дуется вычерчивать не по всем размерам, взятым из ГОСТа, а только по его диаметру и длине стержня. Остальные размеры обычно определяются по условным соотношениям элементов болта и гай­ки в зависимости от диаметра резьбы.

Соединение шпилькой упрощенное. ГОСТ 2.315–68

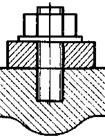


Рис.34

При вычерчивании на сборочных чертежах шпилечного соединения рекомендуется, как при болтовом соединении, пользоваться условными соотношениями между диаметром резьбы d и раз­мерами элементов гайки и шайбы. Длину l1 ввинчиваемого (посадочного) конца шпильки выбирают в зависимости от материала детали.

Соединение винтом упрощенное. ГОСТ 2.315–68

В винтовом соединении (рис.35), как и в шпилечном, резь­бовая часть винта ввинчивается в резьбовое отверстие детали. Граница резьбы винта должна быть несколько выше линии разъема деталей. Верхние детали в отверстиях резьбы не имеют. Между этими отверстиями и винтами должны быть зазоры.

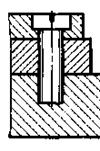


Рис.35

Шайбы

Под гайки, головки болтов и винтов, как правило, уста­навливают шайбы.

Шайбы условно делят на простые и стопорные (предохранительные).

Простые шайбы ставят под гайку или головку болта для уменьшения смятия детали или для перекрытия зазора в отверстии при большой его величине, а также для предохранения поверхности детали от царапин при завинчивании. В других случаях ставить простую шайбу нецелесообразно.

Для стопорения (контровки) служат специальные шайбы. Наибольшее распростра­нение в машиностроении получили шайбы круглые (рис. 36, а). Первые изготовляют штамповкой, вторые обрабатывают на токарных станках. Тол­щина шайбы и наружный диаметр зависят от диаметра резьбового изделия. Шайбу плоскую квадратную или особой формы (рис.36, б) применяют для стопорения гайки; круглую лепестковую (рис. 36, в) — для стопоре­ния круглых гаек со шлицами; круглую пружинную (рис. 36, г) — для стопорения любых гаек. Шайбы пружинные изготавливаются из Ст.65Г с термообработкой, отгибные пластины и проволока для завязывания - из Ст.1.

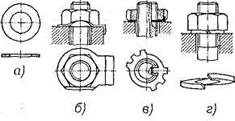


Рис.36. Шайбы

Стопорение резьбовых соединений

Даже мелкие резьбы под действием вибрационных и ударных нагрузок склонны к постепенному ослаблению и развинчиванию. В этих условиях необходимо применять дополнительные средства, предотвращающие самоотвинчивание резьбовых соединений. Известно множество приёмов борьбы с самоотвинчиванием резьбовых соединений. Применение любого из таких приёмов и называют стопорением (контровкой) резьбового соединения от самоотвинчивания.

При статическом нагружении в этом нет надобности, т.к. сохраняется требование самоотражения: угол подъёма резьбы 1°40’ – 3°30’ меньше угла трения. Предохранение от самоотвинчивания важно для повышения надежности резьбовых соединений и совершенно необходимо при вибрациях, переменных и ударных нагрузках. Вибрации понижают трение и нарушают условие самоторможения в резьбе.

5. Гайки самостопорящиеся

Самостопорящимися называют гайки, обеспечивающие фиксацию соединения  за счёт дополнительных сил трения, возникающих между деформированными участками резьбы гайки или неметаллической вставки и резьбой стержневой детали – болта, винта, шпильки, или иным способом. Деформированный участок резьбы препятствует свободному (без усилия) завинчиванию или отвинчиванию гайки. Характеристику этого явления называют «преобладающим моментом» завинчивания гайки на болт до приложения момента затяжки или отвёртывания после снятия усилия затяжки. Величину преобладающего момента измеряют во время вращения гайки. Надёжная фиксация резьбовых соединений обеспечивается без использования таких вспомогательных деталей, как контргайки, пружинные, стопорные (зубчатые), тарельчатые шайбы или шплинты.

Основополагающим стандартом является ГОСТ Р 50271-92 Гайки шестигранные стальные самостопорящиеся. Механические и эксплуатационные свойства (на основе ИСO 2320-83). На гайки самостопорящиеся цельнометаллические имеется ГОСТ Р 50272-92 (соответствует ИСO 7042-83),  а с неметаллической вставкой – ГОСТ Р 50273-92  (ИСO 7043-83).

В цельнометаллических гайках увеличение трения в резьбе  достигается за счёт некоторого местного искажения резьбы  на  небольших участках с помощью операции, которую принято называть «обжатием». Она  производится  на специальных автоматах после нарезки резьбы и термообработки. Обжатие может производиться в радиальном направлении (по граням или по торцевому выступу),  в осевом направлении или под углом к оси резьбы со стороны торца или торцевого выступа (рис.40).

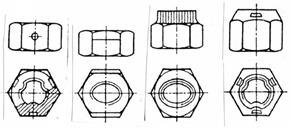


Рис. 40. Гайки самостопорящиеся

Гайки с неметаллической вставкой (кольцом из полимера). При сборке с корпусом гайки вставку фиксируют от проворачивания. Внутренний диаметр вставки примерно равен  среднему диаметру резьбы. При навинчивании гайки на болт в полимерной вставке выдавливается резьба, а упругие свойства этого материала  обеспечивают стопорение. После снятия гайки резьба во вставке не сохраняет своей формы – частично заплывает, что позволяет сохранять стопорящие свойства при многократных сборках – разборках.

Гайки с резьбовой  пружинной вставкой, известной под торговым названием HeliCoil® plus Screwlock (самостопорящаяся),  имеющей обжатый виток, например, на эллипс или многогранник, представляют значительный интерес.  Такие вставки обеспечивают эластичный и надёжный зажим  гайки на резьбе болта. Эти гайки, кроме стопорящих свойств, обладают всеми другими, присущими системе  HeliCoil.

Свойства всех перечисленных гаек регламентированы величиной преобладающего вращающего момента во время 1-го завёртывания, 1-го и 5-го отвёртывания, которые должны быть в пределах величин, указанных в соответствующих стандартах. Например, для самостопорящейся цельнометаллической гайки М8 класса прочности 8 (цинковое покрытие, без смазочного материала) момент затяжки составляет 20,7…30,4 Нм (min-max). Преобладающий момент 1-го завёртывания должен быть не более 6,0 Нм, 1-го отвёртывания не менее 0,85 Нм,  а 5-го отвёртывания не менее 0,6 Нм. При таких показателях гайка признаётся самостопорящейся.

О дополнительных методах стопорения

Основная задача крепёжных деталей создать и надёжно сохранить усилие затяжки соединения на период эксплуатации узла. Значит, в первую очередь надо обеспечить создание этого усилия. Приведённые выше способы и детали для стопорения играют важную роль, но лишь при обеспечении первоначальной затяжки. Для повышения стопорящих свойств часто применяют крепёжные детали с мелкой резьбой.

На работоспособность резьбового соединения при правильной его затяжке оказывает влияние множество факторов. Это прочность крепёжных и соединяемых деталей, шероховатость контактирующих поверхностей, наличие смазки и др. Снижение усилия затяжки и в результате ослабление резьбового соединения происходят по разным причинам – под влиянием внешних знакопеременных сил, ударных нагрузок, направленных вдоль оси или под углом к ней, из-за пластических деформаций материала соединяемых деталей под головкой болта или гайкой. При этом, чем больше деталей в соединении (включая и шайбы), тем быстрее произойдёт его ослабление во время эксплуатации.

Инструмент для завинчивания и отвинчивания

Завинчивают и отвинчивают винты и гайки (кроме винтов со шлицем под отвертку) ключами (рис. 42).

Для винтов и гаек с шестигранными и квадратными головками при наличии свободного доступа обычно применяют ключи обыкновенные (рис.43,а) или двусторонние (рис.42,б).

Последние изготовляют с двумя растворами. Замкнутый ключ с удвоенным числом граней (рис. 42, в) позволяет завинчивать гайки при повороте ключа на уменьшенный угол.

При отсутствии свободного доступа к головкам и гайкам с боковых сторон применяют торцевые ключи с прямым стержнем и захватом по всем граням.

Для винтов с внутренним шестигранником применяют ключи в виде шестигранного прутка, изогнутого под углом 90° (рис.42, г).

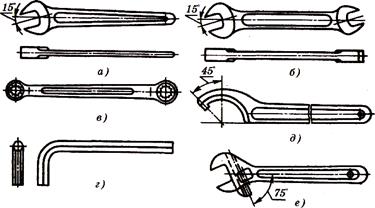


Рис.42. Гаечные ключи

Ключ для круглых шлицевых гаек показан на рис.42,д.

При редком завинчивании и отвинчивании винтов и гаек разных размеров применяют раздвижные ключи с регулируемым раствором (рис.42, е). Однако эти ключи не допускают таких больших моментов затяжки, как нераздвижные, и менее долговечны.

Важное значение для прочности винтов, особенно подверженных переменной нагрузке, имеет установление и контроль требуемой силы начальной затяжки. Применяют следующие способы затяжки с контролем силы:

- Ключами предельного момента. При превышении этого момента происходит проскальзывание.

- Динамометрическими ключами, имеющими обычно упругую рукоятку, прогибы которой, пропорциональны замеряемому моменту. В связи с переменностью коэффициента трения и плотности резьбы точность установления начальной затяжки по моменту невелика.

- Поворотом гайки на рассчитанный заранее угол от положения соприкосновения.

- С помощью тарированных упругих шайб, которые при достижении расчетной нагрузки распрямляются и становятся жесткими.

Наиболее точно можно определить силу начальной затяжки с помощью измерения удлинения болта.

Затяжка резьбовых соединений

Надежность соединений зависит от технического уровня конструкции в целом, качества крепежных деталей, условий сборки, длительного сохранения  необходимого усилия предварительной затяжки в период эксплуатации. ГОСТ Р 52627 и 52628-2006 устанавливают основные силовые параметры резьбовых соединений: минимальную разрушающую Рр, Н  и  пробную нагрузку N, Н. Усилие предварительной затяжки Q, Н (далее – усилие затяжки), на которое производится затяжка резьбового соединения,  обычно принимается  в пределах 75…80% , в отдельных случаях и 90%, от пробной нагрузки. Существует несколько способов затяжки резьбовых соединений: затяжка до определенного момента, затяжка до определенного угла, затяжка до предела упругости и другие.

Наиболее распространена затяжка соединений до определенного вращающего момента затяжки (далее – момента затяжки,  Мкр, Нм), который обычно указывается в чертежах или технологии сборки. В автопроме для назначения моментов затяжки используются отраслевые стандарты и руководящий документ, которые распространяются на резьбовые соединения с болтами, шпильками и гайками с цилиндрической метрической резьбой и зависят от размеров, класса прочности крепежной детали и класса соединения.

В зависимости от степени ответственности соединений назначаются классы резьбовых соединений и соответствующие им  величины максимальных и минимальных моментов затяжки, объема их контроля (проверки).  Класс 1-й (особо ответственные соединения) Мкр ±5 % и класс 2-й (ответственные) Мкр +5…-15%  имеют объём контроля затяжки 100%. Класс 3-й (общего назначения) Мкр +5…-35% и класс 4-й (малоответственные соединения) Мкр +5…-65% контролируют периодически согласно техдокументации.

Номинальный крутящий момент рассчитывается по формуле

Мкр = 0,001Q∙[0,16Р + μр ∙0,58d2 + μт ∙0,25(dт + d0)],

где μр – коэффициент трения в резьбе;

μт  -  коэффициент трения на опорном торце;

dт – диаметр опорной поверхности головки болта или гайки,  мм;

d0 – диаметр отверстия под крепежную деталь, мм;

Р – шаг резьбы, мм;

d2 – средний диаметр резьбы, мм.

Наибольшее влияние  на затяжку соединений оказывают условия контактного трения в резьбе и на опорной поверхности, зависящие от  состояния контактных поверхностей, вида покрытия, наличия смазочного материала,  отклонение от перпендикулярности опорного торца и оси резьбы, скорости завинчивания и др. Значения коэффициента трения в реальных условиях сборки можно лишь прогнозировать. Как показывают многочисленные эксперименты, они не стабильны.  Для понимания и правильного назначения режимов сборки резьбовых соединений важно знать, на что расходуется Мкр. Три составляющие момента затяжки (согласно формуле) отражают их доли, идущие на создание усилия затяжки (12…15%),  на преодоление сил трения в резьбе (32…39%)  и на преодоление сил трения под головкой болта или под гайкой (47…54%). Как видим, на создание усилия затяжки расходуется меньшая доля  от Мкр. В расчётах обычно принимают, что коэффициенты трения в резьбе и на опорном торце примерно равны.

Распределение осевой нагрузки по виткам резьбы

При нагружении осевая сила распределяется между витками неравномерно. Неравномерность распределения сил по виткам усугубляется тем, что витки на наиболее растянутой части винта сопрягаются с витками, расположенными в наиболее сжатой части гайки. Задача о распределении нагрузки по виткам статически неопределима. Распределение сил между витками резьбы, полученное Н.Е. Жуковским в 1902г. для гайки с десятью витками, показано на рис.45,а. В дальнейшем это решение неоднократно подтверждалось экспериментальными исследованиями. Установлено, например, что при стандартной крепежной гайке с шестью витками, первый виток резьбы воспринимает 52% нагрузки, второй 25%, третий 12% и последний шестой – только 2% нагрузки.

При столь неравномерном распределении нагрузки по виткам резьбы большое увеличение высоты гайки оказывается бесполезным в связи с опасностью последовательного «цепного» разрушения витков. Приближенно – равномерное распределение нагрузки по виткам резьбы можно получать, только применяя гайки специальной формы, выравнивающие распределение нагрузки в резьбе. Специальные гайки желательно применять при действии переменных и динамических нагрузок, где разрушение носит усталостный характер.

Для повышения КПД винтовых механизмов применяют средства, снижающие трение в резьбе: антифрикционные материалы, смазку поверхностей, применение шариковых винтовых пар.

Расчет резьбы на прочность

При расчете резьбы на прочность принимают следующее допущение: все витки резьбы нагружаются равномерно (хотя теоретическими и экспери­ментальными исследованиями установлено, что для гайки с шестью витка­ми первый виток резьбы воспринимает 52% всей осевой нагрузки, вто­рой — 25%, третий — 12%, шестой — только 2%). Действительный характер распределения нагрузки по виткам зависит от ошибок изготовления и степени износа резьбы, что затрудняет определение истинных напряжений.  В практике расчет резьбы на прочность производится не по истинным, а по условным напряжениям, которые сравнивают с допускаемыми напряжениями, установленными на основании опыта. Полагая нагружение витков равномерным, резьбу принято рассчитывать по напряжениям смятия и среза.

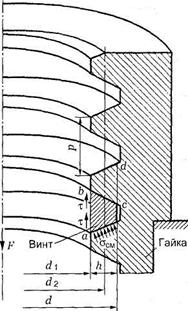


Рис. 46. К расчету резьбы на срез

Расчет резьбы по напряжению смятия.

Условие прочности витка резьбы по смятию:

а) для гайки

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image726.gif

б) для винта

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image728.gif

где F - осевая сила, действующая на болт, d2 - средний диаметр резьбы, h - высота витка, z - число витков резьбы в гайке, [σ]смв - допускаемое напряжение смятия материала винта, [σ]смг - допускаемое напряжение смятия материала гайки.

Расчет резьбы по напряжению среза.

Проверочный расчет. Условие прочности

τср≤[τ]ср,

где τср — расчетное напряжение среза в резьбе; [τ]ср — допускаемое напря­жение среза в резьбе.

Для винта:

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image730.gif

для гайки

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image732.gif

здесь F — осевое усилие, действующее на болт; d1 — внутренний диаметр резьбы; d — наружный диаметр резьбы; Н — высота гайки; K=cd/P — коэф­фициент, учитывающий тип резьбы (K=0,8 — для треугольной резьбы; К= 0,5 — для прямоугольной и К= 0,65 — для трапецеидальной резьбы).

Проектировочный расчет (рассматривается случай, когда материал гай­ки и винта одинаков). Задавшись типом резьбы и определив диаметр при проектном расчете, можно определить высоту гайки:

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image734.gif

Стандартные крепежные изделия на прочность резьбы не рассчитывают.

Из условия равнопрочности резьбы и стержня винта определяются высота гайки, нормы на глубину завинчивания винтов и шпилек в деталь и прочие размеры. Учитывая сложность напряженного состояния резьбы, а, также предусматривая ослабление резьбы от истирания и возможных повреждений при завинчивании, высоту стандартных гаек крепежных изделий принимают H≈0,8d1. По тем же соображениям устанавливают нормы завинчивания винтов и шпилек в детали H=d1 – в стальные детали,  H=1,5d1 – в чугунные и силуминовые детали.

Выбор стандартных крепежных изделий

Стандартизация резьб проведена с учетом условия равнопрочности всех элементов соединения. Поэтому можно ограничиться расчетом по одному, основному критерию - прочности нарезанной части, а размеры винтов, болтов и гаек принимать по таблицам стандартов в зависимости от рассчитанного диаметра резьбы.

Выбор производят по наружному диаметру резьбы по стандартам на крепежные изделия.

Таблица 10. Основные размеры метрической резьбы с крупным шагом

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Стандартный наружный диаметр резьбы d,  мм | М10 | М12 | М16 | М18 | М20 | М24 | М27 |
| Крупный шаг резьбы S,  мм | 1,5 | 1,75 | 2 | 2,5 | 2,5 | 3 | 3 |
| Внутренний диаметр резьбы d1, мм | 8,37 | 10,1 | 13,83 | 15,29 | 17,29 | 20,75 | 23,75 |
| Размер под «ключ» головки болта | 17 | 19 | 24 | 27 | 30 | 36 | 41 |
| Диаметр отверстия при установке с зазором d0, мм | 10,5 | 13 | 17 | 19 | 21 | 25 | 28 |
| Длины болтов | от 20 | от 20 | от 25 | от 30 | от 30 | от 35 | от 45 |

Ряд стандартных длин болтов: 20, 25, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 100, 110…

Стандарты приведены в справочниках конструктора (см. литературу).

Материалы резьбовых изделий и допускаемые напряжения

При выборе материала для резьбовых деталей учитывают величину и характер нагрузки (статическая или переменная), условия работы (температуру, коррозию и т. д.), способ изготовления.

Для изготовления крепёжных резьбовых деталей используются самые различные материалы, чаще всего цветные (алюминий, медь, титан и их сплавы) и чёрные металлы (углеродистые и легированные стали). Тем не менее, основная масса потребляемых промышленностью резьбовых изделий изготавливается из сталей. Стандартные крепежные изделия общего назначения изготовляют из углеродистых сталей типа сталь 10 - сталь 35. Эти стали, позволяют изготовить большие партии болтов, винтов, гаек методом холодной высадки с последующей накаткой резьбы. Легированные стали 35Х, 30ХГСА применяют для высоконагруженных деталей при переменных и ударных нагрузках. Механические свойства крепежных изделий определяются как материалом, так и технологией изготовления. Декоративные винты и гайки выполняются из цветных металлов и пластмасс. Выбор материалов, как и всех параметров резьбовых соединений,  определяется расчётом на прочность.

При этом крепёж, изготовленный из разных сталей, может иметь одинаковые прочностные характеристики, а детали, изготовленные из одной и той же стали, но получившие разную термообработку, могут значительно различаться по своим прочностным характеристикам. Отсюда следует, что при заказе стандартных резьбовых деталей недостаточно указать материал, из которого они должны быть изготовлены, но ещё необходимо показать требуемые прочностные характеристики материала заказываемых деталей. Обозначение прочностных характеристик крепёжных резьбовых деталей стандартизовано (стальные винты и шпильки по ГОСТ 1759-82) и представлено 12-ю классами прочности. Оно состоит из двух цифр, разделённых точкой (в некоторых документах точка не ставится): первая цифра представляет предел прочности материала, выраженный в МПа и поделённый на 100; вторая цифра (стоящая после точки) равна отношению предела текучести материала к его пределу прочности умноженному на 10. В стандарте представлены следующие классы прочности: 3.6; 4.6; 4.8; 5.6; 5.8; 6.6; 6.8; 6.9; 8.8; 10.9; 12.9; 14.9.

Класс 4.6 – предел прочности σв=400 МПа и предел текучести σт=240 МПа. Выдержка из ГОСТ 1759-82 «Изделия крепёжные. Общие технические требования» приведена в таблице 3.

Для стальных гаек с нормальной или большей высотой по ГОСТ 1759.5-87 установлено 7 классов прочности:  4;  5;  6;  8;  9;  10;  12. Число, умноженное на 100, показывает напряжение от испытательной нагрузки.

Техническое правило: разрыв в соединении всегда должен быть по резьбе болта. Отсюда число класса прочности гайки показывает наибольший класс прочности болта, с которым может использоваться гайка в соединении. Например, гайка класса 6 может применяться с болтами классов прочности не выше 6.8.

Для каждого класса прочности стандарт рекомендует определенные марки сталей, их механические свойства и технологические процессы изготовления деталей.

Для болтов классов прочности 8.8 и выше, гаек классов прочности 8 и выше в их обозначениях по ГОСТ после кдасса прочности полностью указывают марку легированной стали.

Крепежные изделия в зависимости от предполагаемых условий эксплуатации могут быть изготовлены с защитным покрытием или без покрытия. Обозначение покрытий от 00 до 13. Например, 00 – без покрытия; 01 – цинковое с хроматированием; 02 – кадмиевое с хроматированием; 05 – окисное;  12 – серебряное;  13 – никелевое.

Таблица 11. Механические характеристики материалов резьбовых деталей

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Класс прочности | | σв, МПа | σт, МПа | Марка стали |
| Винт | Гайка |
| 3.6 | 4 | 300 - 400 | 200 | Ст 3, Ст 10 |
| 4.6 | 5 | 400 - 550 | 240 | 20 |
| 5.6 | 6 | 500 - 700 | 300 | 30, 35 |
| 6.6 | 8 | 600 - 800 | 360 | 35, 45, 40Г |
| 8.8 | 10 | 800 - 1000 | 640 | 35Х; 38ХА; 45Г |
| 10.9 | 12 | 1000 - 1200 | 900 | 40Г2; 40Х; 30ХГСА |

Допускаемые напряжения определяются в общем случае:

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image735.gif

где S]i – допускаемый коэффициент запаса прочности.

Рекомендуемые в расчетах резьбовых соединений коэффициенты запаса приведены в таблицах 12 и 13.

Таблица 12. Значения коэффициентов запаса прочности [S] и допускаемых напряжений при расчете резьбовых соединений.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид внешней нагрузки | Затяжка | Запас прочности или  допускаемое напряжение |
| Статическая отрывающая | Отсутствует | [S]=1,6÷1,7 |
| Статическая отрывающая | Контролируемая | [S]=1,2÷1,5 |
| Не контролируемая | [S] по таблице 5 |
| Переменная отрывающая | Контролируемая | [S] а ≥1,5÷2,5;  S=1,2÷1,5 |
| Не контролируемая | [S] а ≥2,5÷4  [S] по таблице 5 |
| Статическая сдвигающая, болты без зазора | Отсутствует | τ=0,4σт  σсм=0,8σт для стали  σсм=(0,40,5)σв для чугуна |
| Статическая сдвигающая, болты с зазором | Контролируемая | S=1,2÷1,5 |
|  | Неконтролируемая | [S] по таблице 5 |
| Переменная сдвигающая, болты с зазором | Контролируемая | [S]=1,2÷1,5 |
|  | Неконтролируемая | [S] по таблице 5 |
| Переменная сдвигающая, болты без зазора | Отсутствует | []=(0,2÷0,3)σт |
| Прочность стыков при любой нагрузке |  | Для стали [σсм=0,8σв  Для чугуна [σсм=0,4σв  Для бетона [σсм=1÷2 МПа  Для кирпича [σсм=0,5÷2 МПа  Для дерева [σсм=2÷4 МПа |

Таблица 13. Значение коэффициента запаса прочности [s] при расчете болтов с неконтролируемой затяжкой

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал болта | Постоянная нагрузка | | Переменная нагрузка | |
| М6-М16 | М16-М30 | М6-М16 | М16-М30 |
| Углеродистая сталь | 54 | 42,5 | 128,5 | 9,5 |
| Легированная сталь | 6,55 | 53,3 | 106,5 | 6,5 |

Виды повреждений резьбовых соединений

При затяжке резьбового соединения и в процессе его последующей работы в деталях соединения действуют самые разнообразные напряжения. Так, например, под действием осевой силы в болтовом соединении сечение тела болта нагружено растягивающими напряжениями, в переходной области между телом и головкой возникают касательные напряжения, а в витках резьбы напряжения изгиба, смятия и среза одновременно. Таким образом, прочность элементов резьбового соединения является основным критерием работоспособности. Наиболее частым является обрыв тела винта в области первых одного-двух витков резьбы, считая от опорного торца гайки. У соединений с мелкими резьбами возможен срез витков резьбы.

Стандартные болты, винты шпильки, гайки с крупными шагами спроектированы по условиям равнопрочности, то есть таким образом, что разрушение по любому из видов напряжений может произойти приметно при одной и той же нагрузке на соединение.

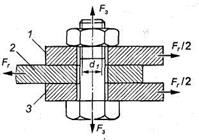


Рис. 52. К расчету болтов соедине­ния, несущего поперечную нагрузку.

Болт установлен с зазором

Обычно силу трения принимают с запасом: Ff= KFr. (К –коэффициент запаса по сдвигу деталей, К = 1,3 – 1,5 при статической нагрузке, К = 1,8 – 2 при переменной нагрузке).

 Найдем требуемую затяжку болта. Учтем, что сила затяжки бол­та может создавать нормальное давление на i трущихся поверхностях (на рис. 52) http://www.detalmach.ru/lect2.files/image783.gif или в общем случае

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image785.gif

где i – число плоскостей стыка деталей (на рис.52 – i = 2; при соединении только двух деталей i = 1); f – коэффициент трения в стыке (f = 0,15 – 0,2 для сухих чугунных и стальных поверхностей);

Как известно при затяжке болт работает на растяжение и кручение поэтому прочность болта оценивают по эквивалентному напряжению. Так как внешняя нагрузка не передается на болт, его рассчитывают только на статическую прочность по силе затяжки даже при переменной внешней нагрузке. Влияние переменной нагрузки учитывают путем выбора повышенных значений коэффициента запаса.

Проектировочный расчет болта:

внутренний диаметр резьбы

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image786.gif

Расчет болта, нагруженного поперечной силой, с установкой его без зазора (рис. 53).

Основные допущения.

1) Деформации деталей не учитываются, то есть считают детали абсолютно жесткими.

2) Внешние нагрузки передаются с одной детали на другую локально, через зоны, расположенные вокруг болтов.

3) Силы трения, связанные с затяжкой болтов, не учитываются.

4) Основным критерием расчета является условие неподвижности стыка.

5) При установке болта без зазора неподвижность обеспечивается сопротивлением болта срезу и смятию.

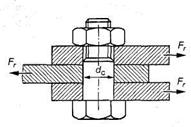


Рис. 53. К расчету болтов соединения, несущего поперечную нагрузку.

Болт установлен без зазора

В этом случае отверстие калибруют разверткой, а диаметр стержня болта выполняют с допуском, обеспечивающим беззазорную посадку. При расчете прочности данного соединения не учитывают силы трения в стыке, так как затяжка болта не контролируется. В общем случае болт можно заменить штифтом. Стержень болта рассчитывают по напряжениям среза и смятия.

Условие прочности

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image790.gif

где  http://www.detalmach.ru/lect2.files/image792.gif - расчетное напряжение среза болта; Fr — поперечная сила; dc — диаметр стержня в опасном сечении; [τ]ср — допускаемое напря­жение среза для болта; i — число плоскостей среза (на рис. 53 i = 2);

[τ]ср=(0,2÷0,3)σT.

в Европе и Японии.  Концепция позволяет учитывать затраты, возникающие начиная с оформления заказа на закупку деталей и кончая  установкой на место  их применения в рабочий узел машины. Одним из объектов снижения затрат со временем стало и последующее сервисное обслуживание данной сборочной единицы в машине.

Однако в отечественной практике не принято обращать внимание на расходы, связанные с крепёжными деталями устаревших конструкций, а также «лишними» деталями в соединениях, хотя их надо заказать, доставить к потребителю, организовать хранение и учёт, перевезти  в сборочные цехи, разместить там на складах, разложить в специальную тару  на каждую смену, доставить к рабочим местам всех сборщиков и т.д.  Всё это: рабочие кадры, трудозатраты, зарплата, весовая и учётная техника, тара, спецодежда, инвентарь, помещения, транспортные средства  и много ещё того, что относят к накладным расходам, сильно увеличивает стоимость крепёжных деталей, установленных на своё место в узле автомобиля. В опубликованных специалистами  США и Великобритании данных приведены  следующие оценки:

- стоимость крепёжных деталей, установленных в собранном изделии, увеличивается в 3…10 раз по сравнению со стоимостью их закупки;

- на соединение конструктивных элементов машины приходится от 20 до 40% общих расходов на её изготовление;

- любая промышленная фирма, расходующая 1 млн долларов в год на  крепёжные детали, может сэкономить 15% от этой суммы только за счёт  применения более рациональных конструкций и т.д.

Зная средства, которые расходуют отечественные производители машиностроительной продукции на закупку крепёжных деталей, можно обнаружить значительные резервы экономии только за счёт  наведения порядка в применении крепежа.

Требования к качеству крепёжных изделий и их обеспечение

В мировой практике машиностроения с каждым годом возрастают требования к качеству крепёжных деталей, поступающих на сборку. Такова общая  тенденции развития техники. Это происходит вследствие применения автоматизированных устройств и систем сборки (например, автомобилей, приборов). Производители увеличивают гарантийные сроки эксплуатации товара  как средства конкурентной борьбы за покупателя.  Известно, что до 50% дефектов и поломок автомобилей связано с ослаблением или другими дефектами крепёжных соединений. Контроль качества крепёжных деталей должен сопровождать все операции их изготовления:

а) исходный металл – химический состав, механические свойства, качество поверхности и нанесённого подсмазочного покрытия, например, фосфатного;

б) автоматизированный контроль процессов на автоматах высадки, обточки заходной части, накатки или нарезки резьбы. Оборудование для производства крепёжных деталей оснащают программируемыми средствами активного контроля. Например, на холодновысадочных автоматах измеряется усилие на каждой позиции штамповки. И если нагрузка не соответствует эталонному значению, станок останавливается, причину сбоя устраняют;

в) статистический контроль – систематическое контролирование наладчиком размеров, определяемых технологией и характеризующих устойчивость процесса (например, длины изделия, диаметра стержня под накатку резьбы, соосности головки и стержня, глубины шлица и др.). Все проверенные параметры вводят в специальную форму на компьютере со строго заданной периодичностью (например, каждые 15…20 минут работы). Программные средства исключают возможность исправления введённых данных, по ним строятся кривые стабильности процесса. Статистический контроль осуществляется на всех  операциях;

д) завершающий этап: контроль готовых деталей. Нормой становится применение автоматизированных контрольных систем  и оборудования для  контроля  практически всех важнейших параметров деталей. Принцип действия контролирующих устройств основан на использовании лазеров, ультразвука, электромагнитных  и других  свойств. Автоматические установки включают системы проверки  размеров самых разных элементов деталей  (резьба, шлицы в головке, прямолинейность и др.). Может проверяться твёрдость, вид и толщина покрытия, усилие закручивания и т.д.   Производи-тельность  контроля:  резьбы, размеров и глубины шлицев – 150 шт./мин,  обнаружение трещин – 220 шт./мин,  наружные геометрические размеры – 300…500 шт./мин. Из нескольких контрольных автоматов формируют линии контроля. Подача деталей производится из бункеров, дефектные детали удаляют в специальную тару. Контроль 100% деталей особенно важен при поставке крепёжных деталей на автоматические линии сборочных предприятий.

Европейскими нормами ЕН ИСО рекомендован максимальный уровень дефектности для машиностроения ppm 50 (50 дефектных деталей на 1 млн штук). Достичь его без применения автоматизированных контрольных средств при производстве крепёжных изделий невозможно. Известно, что производители автомобилей таких фирм, как Мерседес, БМВ, и некоторые другие, ставят перед поставщиками крепежа задачу довести уровень дефектности до ppm 1.  Таким образом, контрольная техника постепенно становится неотъемлемой составляющей производственного цикла. С этим нельзя не считаться.

О  маркетинговых  исследованиях  в  области крепёжных  изделий

Роль маркетинга в развитии производства и применения новых видов изделий во всех отраслях – несомненна. Поэтому важно уметь пользоваться его приёмами в повседневной деятельности при определении верных направлений развития бизнеса.

 Покажем, на каких этапах жизненного цикла находятся основные группы крепёжных деталей, выпускаемых в РФ и применяемых отечественными автозаводами в автотранспортных средствах (АТС).

Этап 1. Выход (выведение товара на рынок). Рынок имеется, формируется, но ещё не подготовлен, хотя интерес к новому продукту несомненно проявляет. Начинается сбыт наиболее подготовленным потребителям.

Этап 2. Рост. Потребители и рынок положительно реагируют на новую продукцию, если её качество и технический уровень  приносят выгоды потребителям. Появляются новые сегменты рынка, с увеличением объемов производства снижается цена продукции. Характеристики и преимущества крепёжных деталей, отнесённых к этому этапу, приведены ранее. В  АТС находят место всё большее количество болтов и гаек с фланцем, гаек самостопорящихся, болтов и винтов со звездообразным  приводом,  винтов и болтов резьбовыдавливающих. Это позволяет заменять устаревшие конструкции, в том числе избавляться от шайб, как от лишних деталей. Однако, несмотря на то, что производство и применение многих прогрессивных крепёжных деталей в РФ ежегодно увеличивается,  использование их по сравнению с изделиями из этапа «Зрелость»  остаётся недостаточным.

Этап 3. Зрелость. Это самый продолжительный и стабильный этап, в том числе по  прибыли,  хотя  темпы роста сбыта постепенно снижаются. Группы стандартных крепёжных деталей, находящихся на этом этапе, казалось бы, имеют относительно устойчивый спрос на рынке.  Однако следует иметь в виду, что не менее 70% гаек шестигранных и большинство прорезных надо  заменять на гайки с фланцем и  гайки самостопорящиеся.  У приварных, неподвижных и закладных квадратных гаек тоже имеется хорошая замена:  приклёпываемые  гайки. Аналогичная  замена  по  приварным болтам и шпилькам – это приклёпываемые шпильки.  Болты с шестигранной нормальной головкой и винты с внутренним шестигранником наверняка уступят место болтам с наружным и винтам с внутренним  звездообразным  приводом. Винты и винты самонарезающие  прямой и крестообразный шлицы тоже сменят на звездообразный привод.  Везде, где под головки болтов и винтов и под гайки устанавливают плоские шайбы, должен появиться фланцевый крепёж. Таким образом, можно утверждать, что значительная часть крепёжных деталей, находящихся на этапе «Зрелость», приближается к «Упадку».



Рис. 61. Диаграмма «жизненного цикла» крепежных изделий для АТС

Этап 4. Упадок. Качество и технический уровень товара перестаёт удовлетворять потребителей,  он постепенно теряет применяемость, приходится снижать цены, падает рентабельность. Большие резервы повышения технического уровня крепёжных соединений, экономии средств, снижения трудоёмкости сборки остаются нереализованными. Имеется три определяющих причины медленного перехода на новые, прогрессивные крепёжные детали в машиностроении: а) основной массив российских стандартов на крепёжные изделия не гармонизирован со стандартами ИСО,  у нас нет стандартов на большинство современных конструкций; б) экономические службы предприятий-потребителей крепежа не проводят объективного технико-экономического анализа в области крепёжных соединений;  в) уровень знаний и квалификация специалистов по крепёжным деталям и соединениям  недостаточны (настоящий материал имеет целью эту причину постепенно исправить).

Стареющий товар мешает началу энергичных действий по его замене. Например, автозаводы продолжают применять огромное количество шайб и болтов с шестигранной уменьшенной головкой. Если с шайбами всё ясно, то по болтам с шестигранной уменьшенной головкой обстановка сложнее. Показано, что применение этих болтов  классами прочности выше, чем 6.8 – недопустимо.  Но уменьшенный шестигранник изготавливают методом безотходной формовки, а не обрезкой граней, как у нормальных головок. Болты с уменьшенной головкой проще в изготовлении (3 перехода), имеют ниже норму расхода металла. Невысокая цена сдерживает принятие решений об отказе от них.  Однако выход из положения застоя по этой конструкции имеется. Он состоит в переходе на прогрессивные винты с  цилиндрической головкой, сферой и внутренним звездообразным приводом. Головки винтов тоже изготавливаются без отходов, но при этом опорная поверхность под головкой такая же, как у болтов с нормальным шестигранником. Применение винтов с прямым шлицем с каждым годом уменьшается из-за низких потребительских свойств:  при сборке отвертка часто соскальзывает из шлица, портит присоединяемую деталь.

Рассмотренная диаграмма наглядно показывает, что и какого технического уровня мы выпускаем и используем в сборке АТС и  что должны выпускать и применять, в том числе не только в автомобилях.  Приведённые качественные  характеристики выпускаемых крепёжных деталей позволяют их производителям и потребителям объективно оценивать перспективы своего развития.

Вопросы для самопроверки

- В чём различие между разъёмными и неразъёмными соединениями?

- В чём состоит принцип конструкции резьбовых соединений?

- Каковы области применения основных типов резьб?

- Каковы достоинства и недостатки резьбовых соединений?

- Для чего необходимо стопорение резьбовых соединений?

- Какие конструкции применяются для стопорения резьбовых соединений?

- Как распределяется нагрузка по виткам при затяжке резьбы?

- В чем различия к требованиям для крепежных и ходовых резьб?

- Каковы основные типы резьб?

- Каковы основные виды резьбовых соединений и их особенности?

- Каковы основные детали резьбовых соединений и их типы?

- Каковы основные способы стопорения резьбовых соединений?

- Как определить осевую силу в резьбовом соединении? Как определить эту силу, если коэффициенты трения неизвестны?

- Каковы основные случаи расчета резьбовых соединений?

- Почему болты, поставленные без зазора, обеспечивают при тех же диаметрах большую несущую способность соединения, чем поставленные с зазором?

- Каково влияние податливости в затянутых болтовых соединениях, нагруженных внешней силой?

- Чем вызвана неравномерность распределения нагрузки по виткам резьбы и как ее уменьшить?

- Как учитывается податливость деталей при расчёте резьбового соединения?

- Какой диаметр резьбы находят из прочностного расчёта?

- Какой диаметр резьбы служит для обозначения резьбы?

- Как происходит образование винтовой линии?

- Что такое профиль резьбы, шаг резьбы, угол профиля и угол подъема резьбы?

- Какие различают типы резьбы по назначению, по геометрической форме и какие из них стандартизованы? Основные параметры резьбы.

- Почему метрическая резьба с крупным шагом имеет преимущественное применение? Когда применяются резьбы с мелким шагом?

- Как повысить к.п.д. винтовой пары?

- Как рассчитывают болты (винты и шпильки) при действии на них постоянных нагрузок в следующих случаях: предварительно затянутый болт дополнительно нагружен осевой растягивающей силой; болт, установленный в отверстие с зазором и без зазора, нагружен поперечной силой?

- Опишите конструкции, разгружающие болт от восприятия попереч­ных сил.

- Если рассчитан диаметр болта d1, как определяют остальные (какие?) размеры болта? В каком случае применяют проверочный и проектировочный расчеты?

- Опишите работу пружинной шайбы. Предохраняют ли эти шайбы дета­ли от задиров, увеличивают ли опорную поверхность?

- В какой резьбе, в треугольной или трапецеидальной, меньше потери на трение?

- Можно ли применять дюймовую резьбу при проектировании новых ма­шин? Почему? Запишите обозначение этой резьбы на чертеже, если диаметр нарезаемой части винта равен одному дюйму.

- Перечислите резьбы для крепления деталей и для передачи движения.

- По сравнению с трапецеидальной резьбой упорная передает осевую силу (большую или меньшую). Почему?

- Назовите характеристики приводов: крестообразного шлица и внутреннего звездообразного. Дайте оценки их характеристикам по 10- балльной системе.

- Дайте характеристики функций в соединениях: болт с шестигранной уменьшенной головкой и болт со звездообразной головкой, малым фланцем и цилиндрическим направляющим концом.

- Для соединения пластмассовой крышки к корпусу из стального листа с отбортованными отверстиями можно применить винты самонарезающие с концом типа С или R  и  резьбовыдавливающие винты. Оба с фасонной головкой и фланцем, первый имеет крестообразный шлиц типа Н, второй – звездообразный. Какую конструкцию Вы предпочтёте? Почему?

- Предложите несколько альтернатив приварной гайке. Какому варианту Вы отдадите предпочтение и почему?

- Вам надо заменить болт с шестигранной уменьшенной головкой М8х25 классом прочности 6.8 с плоской и пружинной шайбами на крепёжную деталь класса прочности 8.8. Предложите не менее двух решений (болт, винт, др.).

- Каким равноценным болтом можно заменить Болт М10х50 классом прочности 6.8? Почему?

- Какие отличия имеют крестообразные шлицы типов Н и Z? Можно ли использовать для них общую отвёртку?

- В каком положении самостопорящейся гайки с неметаллической вставкой замеряют преобладающий момент затягивания и отвёртывания? А цельнометаллической самостопорящейся гайки?

- Вы собираете два одинаковых соединения болт-гайка (класс прочности 6.8 и 6).Одна пара смазана машинным маслом, другая –  сухая. Затягиваете гайку динамометрическим ключом и доводите болт до разрушения. У какой пары разрушение произойдёт при меньшем вращающем моменте? Почему?

- Ведёте затяжку соединения болт-гайка динамометрическим ключом. Вращающий момент постепенно увеличивается и вдруг поворачивать ключ становится легче, момент снижается. Почему, что происходит?

- Назовите долю вращающего момента при затяжке резьбового соединения, идущего на создание усилия затяжки. Можно ли увеличить эту долю?

- Предложите несколько вариантов, как застопорить трёхслойное болтогаечное соединение стальных деталей. Какому варианту Вы отдадите предпочтение?

- Что представляет собой винтовая линия при развертке прямого кругового цилиндра на плоскость?

- Что такое профиль резьбы, шаг резьбы, угол профиля и угол подъема резьбы?

- Классификация, типы и основные требования к соединениям?

- Основные типы резьб и области их применения?

- Основные виды крепежных деталей и способов стопорения?

- Как зависит момент, приложенный к гайке, от осевой силы винта? (Вывод формулы.)

- Всегда ли нужно самоторможение винтовой пары?

- Как повысить КПД винтовой пары?

- Как повысить равномерность распределения нагрузки по виткам резьбы гайки?

- По каким напряжениям рассчитывают резьбу? Какое напряжение является главным для крепежных и ходовых резьб?

- По какому условию определяют высоту стандартной гайки?

- Типовые случаи нагружения болта. В каких конструкциях такие случаи встреча­ются?

- Как рассчитывают болты, поставленные с зазором и без зазора в соединениях при сдвигающей нагрузке?

- Как определяют расчетную нагрузку на болт, если внешняя нагрузка раскрывает стык деталей?

- Какими средствами обеспечивают надежность соединения по условию нераскрытия стыка?

- От чего зависит величина коэффициента внешней нагрузки χ?

- Каковы способы повышения усталостной прочности болтов при переменной внешней нагрузке?

- К чему приводит эксцентричное нагружение болта?

- Как влияет форма стыка на расчетную нагрузку болтов?

- Какие различают типы резьб по профилю, по назначению? Какие из них стандартизованы?

- Почему метрическая резьба с крупным шагом имеет преимущественное применение в качестве крепежной? В каких случая применяют резьбы с мелким шагом?

- Какие основные виды резьбовых соединений применяют в машиностроении? Дайте их сравнительную оценку.

- Какие различают болты и винты по назначению и конструкции?

- На каких принципах основаны применяемые способы стопорения резьбовых деталей от самоотвинчивания?

- Из каких материалов изготовляют резьбовые и крепежные детали? Что характеризуют числовые обозначения класса прочности стального винта, например, класс прочности 5. 6?

- От каких основных факторов зависит момент завинчивания в резьбовом соединении?

- Почему в винтовых механизмах для передачи движения применяют не треугольные, а трапецеидальный профиль резьбы? От чего зависит КПД винтовой пары?

- Какие напряжения испытывает болт в момент затягивания?

- Какие напряжения испытывает предварительно затянутый болт, поставленным с зазором, при нагружения соединение сдвигающей силой?

- Какие напряжения испытывает болт, поставленный без зазора в отверстие из-под развертки, при нагружения соединение сдвигающей силой?

- Почему предварительно затянутый болтовом соединении, нагруженный внешней растягивающей силой, принимают податливые болты и жесткие стыка?

- Почему нецелесообразна, большое увеличение глубины завинчивания (высоты гайки)?

- Как повысить равномерность распределения нагрузки по виткам резьбы гайки?

- Из перечисленных видов соединений не относятся к разъемным:

1) заклепочные

2) резьбовые

3) штифтовые

4) шпоночные

5) шлицевые

- Из перечисленных видов соединений относятся к разъемным:

1) заклепочные

2) резьбовые

3) сварные

4) прессовые

5) посадкой на конус

- Для крепежных резьб основным критерием работоспособности и расчёта является:

1) прочность, связанная с напряжением среза

2) жесткость

3) износостойкость

4) теплостойкость

5) виброустойчивость

- Для ходовых резьб основным является следующий критерий работоспособности и расчёта:

1) прочность

2) жесткость

3) теплостойкость

4) виброустойчивость

5) износостойкость, связанная с напряжениями смятия

- Осевая нагрузка по виткам резьбы соединения болт-гайка (считая витки от плоскости прилегания гайки) распределяется следующим образом:

1) одинаково

2) минимальна в последнем витке

3) максимальна в последнем витке

4) максимальна в первом витке

5) минимальна между средними витками

- Угол профиля метрической резьбы…..

1) 200

2) 300

3) 450

4) 600

- В качестве крепежных применяют….. резьбы

1) метрические

2) прямоугольные

3) трапецеидальные

- В условное обозначение метрической резьбы входит

1) внутренний диаметр резьбы

2) наружный диаметр резьбы

3) угол подъема витка

4) угол профиля резьбы

- Высота Н нормальных стандартных гаек принимается равной …..

1) H=d

2) H=1,2d

3) H=0,5d

4) H=0,8d

- Основными ходовыми резьбами являются …..

1) треугольные

2) трапецеидальные

3) круглые

4) прямоугольные

- Для какой резьбы угол между гранями витка равен нулю?

1. Метрической

2. Трапецеидальной

3. Прямоугольной

4. Упорной

- Для какой резьбы угол между гранями витка равен 30 градусам?

1. Метрической

2. Трапецеидальной

3. Прямоугольной

4. Упорной

-. Какая резьба имеет профиль в виде неравнобочной трапеции?

1. Метрическая

2. Трапецеидальная

3. Прямоугольная

4. Упорная

- Какие резьбы относятся к крепежным?

1. Метрическая

2. Упорная

3. Прямоугольная

4. Трапецеидальная

- Какая резьба обеспечивает самый высокий к.п.д.?

1. Треугольная

2. Прямоугольная

3. Трапецеидальная

4. Упорная

- Резьба М12. Что обозначает цифра 12?

1. Наружный диаметр резьбы

2. Средний диаметр резьбы

3. Внутренний диаметр резьбы

4. Шаг резьбы

- Какие крепежные детали используются для стопорения резьбовых соединений?

1. Болт

2. Винт

3. Шайба

4. Шплинт

- Для какой резьбы коэффициент рабочей высоты профиля равен 0,5?

1. Упорной

2. Трапецеидальной

3. Треугольной

4. Прямоугольной

- Какие из перечисленных резьб выполняются только самотормозящими?

1. Метрическая

2. Трапецеидальная

3. Упорная

4. Прямоугольная

- Какие из способов стопорения гаек основаны на принципе повышения и стабилизации трения в резьбе?

1. Контргайки

2. Пружинные шайбы

3. Жесткое соединение гайки со стержнем винта

4. Жесткое соединение гайки с деталью специальными шайбами

- Какой болт называется напряженным?

1. Затянутый до приложения внешней нагрузки

2. Нагруженный внешней растягивающей силой

3. Нагруженный силой, действующей в плоскости стыка

4. Нагруженный моментом, действующим в плоскости стыка

- Какая деформация является определяющей при расчете резьбы на прочность?

1. Растяжение и изгиб

2. Растяжение и срез

3. Срез и смятие

4. Смятие и изгиб

- По каким напряжениям проверяют прочность болта, если болты установлены без зазора, а внешняя нагрузка сдвигает соединение (момент действует в плоскости стыка)?

1. Среза и растяжения

2. Среза и смятия

3. Среза и изгиба

4. Среза и кручения

- При эксцентричном нагружении болта, которое возникает из-за непараллельности опорных поверхностей детали и гайки или головки болта, в стержне болта, кроме напряжений растяжения, возникают дополнительные напряжения, значительно превосходящие указанные. Какие это напряжения?

1. Сжатия

2. Среза

3. Кручения

4. Изгиба

- При установке болтов с зазором и действии внешней нагрузки, сдвигающей детали в стыке, необходимо затянуть болтовое соединение так, чтобы исключить возможность смещения соединяемых деталей. Какие напряжения возникают в стержне болта в этом случае?

1. Среза

2. Среза и смятия

3. Растяжения

4. Растяжения и кручения

- Чему равен угол между гранями витка в метрической резьбе?

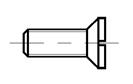
1) 55 градусов

2) 33 градуса

3) 30 градусов

4) 60 градусов

- Как называется деталь, показанная на рисунке?



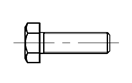
1. Болт

2. Винт

3. Шпилька

4. Винт с потайной головкой

- Как называется деталь, показанная на рисунке?



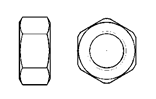
1. Болт

2. Винт

3. Шпилька

4. Винт с потайной головкой

- Как называется деталь, показанная на рисунке?



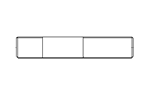
1. Болт

2. Винт

3. Шпилька

4. Гайка

- Как называется деталь, показанная на рисунке?



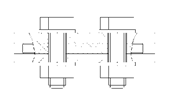
1. Болт

2. Винт

3. Шпилька

4. Гайка

- Как называется соединение, показанное на рисунке?



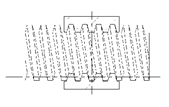
1. Болтовое

2. Резьбовое

3. Разъемное

4. Винтовое

- Как называется резьба, показанная на рисунке?



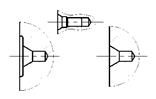
1. Трапецеидальная

2. Метрическая

3. Упорная

4. Дюймовая

- Как называются конструктивные элементы, показанные на рисунке?



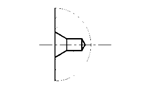
1. Центровые отверстия с углом конуса 60 градусов

2. Базирующие отверстия

3. Конические впадины

4. Отверстия под установочные винты

- Укажите форму центрового отверстия (согласно ГОСТ 14034-74), показанного на рисунке.



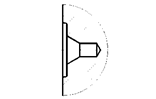
1. Форма А

2. Форма B

3. Форма T

4. Форма F

- Укажите форму центрового отверстия (согласно ГОСТ 14034-74), показанного на рисунке.



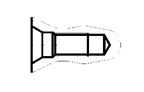
1. Форма А

2. Форма B

3. Форма T

4. Форма F

- Укажите форму центрового отверстия (согласно ГОСТ 14034-74), показанного на рисунке.



1. Форма А

2. Форма B

3. Форма T

4. Форма F

- Определите, какая резьба у болта, пока­занного на рис. 13.1



1. Левая

2. Правая

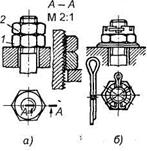
3. Определить нельзя

- Что называется шагом резьбы?

1. Расстояние между двумя одноименными точками резьбы одной и той же винтовой линии

2. Расстояние между двумя одноименными точками двух рядом расположенных вит­ков резьбы

- Определите наименование резьбового из­делия, показанного на рисунке а) и б).



1. Болт

2. Винт

3. Шпилька

4. Определить нельзя

- Определите нормальную глубину ввинчи­вания стальной (σв= 450 МПа) шпильки с резьбой М20 (материал детали — чугун)

1) 10 мм

2) 15 мм

3) 20 мм

4) 26 мм

5) 40 мм

- Какую резьбу следует выбрать при проек­тировании тяжело нагруженного крепеж­ного узла (без уточнения осевой нагрузки, диаметра и шага резьбы)?

1. Метрическую

2. Дюймовую

3. Прямоугольную

4. Трапецеидальную

5. Упорную

- Можно ли для изготовления винтов (бол­тов, шпилек) применять чугун?

1. Можно

2. Нельзя

- Момент завинчивания резьбового соединения определяют по формуле …..

1) T=E∙f∙(Dср/2)

2) T=0,5F∙d2∙tg(φ+Ψ)

3) T=0,5F∙d2∙[(Dср/d2)f+tg(φ+Ψ)]

4) T=0,5F∙d2∙tg(φ-Ψ)

- Моменты, действующие в резьбовом соединении при затяжке, определяются по формулам ….. (подобрать соответствие)

1) момент сопротивления в резьбе Тр           А) 0,5F∙d2∙tg(φ-Ψ)

2) момент завинчивания Тзав                          Б) 0,5F∙d2∙tg(φ+Ψ)

3) момент сил трения на                                 В) 0,5F∙d2∙[(Dср/d2)f+tg(φ+Ψ)]

опорном торце гайки Тт                                    Г) F∙f∙(Dср/2)

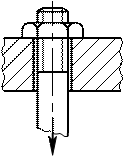
- Наибольшие силы трения возникают в ….. резьбах.

1) трапецеидальных

2) треугольных

3) прямоугольных

- Если стержень винта нагружен только внешней растягивающей силой, условие прочности имеет вид …..



1)  http://www.detalmach.ru/lect2.files/image908.gif

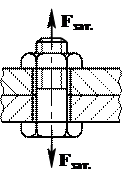
2)  http://www.detalmach.ru/lect2.files/image909.gif

3)  http://www.detalmach.ru/lect2.files/image910.gif

4)  http://www.detalmach.ru/lect2.files/image912.gif

5)  http://www.detalmach.ru/lect2.files/image914.gif

- Если болт затянут, а внешняя нагрузка отсутствует, условие прочности имеет вид …..



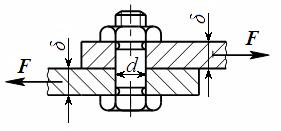
1) http://www.detalmach.ru/lect2.files/image918.gif

2) http://www.detalmach.ru/lect2.files/image914.gif

3) http://www.detalmach.ru/lect2.files/image920.gif

4) http://www.detalmach.ru/lect2.files/image921.gif

- Болтовое соединение нагружено силами, сдвигающими детали в стыке. Болт поставлен без зазора. Прочность болта в соединении оценивают по условию …..



1) http://www.detalmach.ru/lect2.files/image920.gif

2) http://www.detalmach.ru/lect2.files/image908.gif;  http://www.detalmach.ru/lect2.files/image925.gif

3)  http://www.detalmach.ru/lect2.files/image927.gif

4) http://www.detalmach.ru/lect2.files/image914.gif

- Назовите формулу проектировочного рас­чета для напряженного болтового соедине­ния при отсутствии последующей затяжки

1)  http://www.detalmach.ru/lect2.files/image928.gif

2) http://www.detalmach.ru/lect2.files/image930.gif

3) http://www.detalmach.ru/lect2.files/image932.gif

4)  http://www.detalmach.ru/lect2.files/image934.gif

5) http://www.detalmach.ru/lect2.files/image936.gif

- Назовите расчетную формулу для опреде­ления допускаемого напряжения среза для болта

1) σT[s]T

2) (0,2÷0,3)σT

3) (0,8÷1,0)σT

4) (0,6÷0,8)σT

5) (0,6÷0,8)σв

- В каком случае расчетное напряжение σp больше: когда детали соединяются с упру­гой прокладкой или без прокладки?

1. С упругой прокладкой

2. Без прокладки

- Назовите формулу для определения высо­ты гайки

1)  http://www.detalmach.ru/lect2.files/image938.gif

2) http://www.detalmach.ru/lect2.files/image940.gif

3) http://www.detalmach.ru/lect2.files/image942.gif

- Ниже перечислены цилиндрические детали, используемые для создания соединений. Какие из них не относятся к резьбовым?

1. Штифт.

2. Винт.

3. Шпилька.

4. Болт.

- На рисунке показана резьбовая стяжка. Вращением средней детали по часовой стрелке обеспечивается стягивание (сближение) крайних деталей. При этом какими должны быть резьбы?

ии

1. Обе правые.

2. Обе левые.

3. Резьба 1 — левая, резьба 2—правая.

4. Резьба 1 — правая, резьба 2 — левая.

- Какую из перечисленных резьб следует применить в винтовом домкрате?

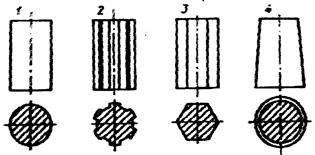
1. Метрическую (треугольную).

2. Круглую.

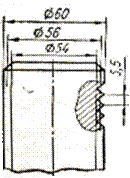
3. Трапецеидальную.

4. Упорную.

- На каком из приведенных на рисунке стержней нельзя нарезать резьбу?



- На рисунке изображен цилиндрический стержень с треугольной метрической резьбой (размеры округлены до целых единиц). Как следует обозначить резьбу на чертеже?



1. М54.

2. М56.

3. М60.

4. М5,5.

- На рисунке изображена гайка с треугольной метрической резьбой (размеры округлены до целых единиц). Как следует обозначить резьбу на чертеже?



1. М10.

2. М9.

3. М8.

4. М1,5.

- На рисунке приведены распространенные в машиностроении профили резьб. Какой из них не стандартизован?

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image950.jpg

- Какой угол профиля имеет стандартная трапецеидальная резьба?

1. α=60°;

2. α =55°;

3. α =30°;

4. α =15°.

- У стандартной упорной резьбы во сколько раз угол α1 меньше угла α2?



1. В 20 раз.

2. В 10 раз.

3. В 6 раз.

4. В 2 раза.

- Известно, что у стандартной треугольной метрической резьбы угол профиля равен 60°. Какой он у стандартной треугольной дюймовой резьбы?

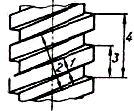
1. Тоже равен 60°.

2. Незначительно (в пределах допуска) отличается от 60°.

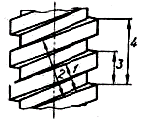
3. Больше 60°.

4. Меньше 60°.

- На рисунке изображена двухзаходная резьба. Какое из измерений дает значение шага резьбы?



- На рисунке изображена двухзаходная резьба. Какое из измерений дает значение хода резьбы?



- Однозаходная резьба имеет шаг p. По какой из формул можно рассчитать угол подъема резьбы α?

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image954.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image956.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image957.gif

4. По любой, если шаг измерять на соответствующем диаметре.

Здесь d;, d1; d2 — соответственно наружный, внутренний и средний диаметр резьбы.

- Резьба имеет К заходов и шаг p. По какой из формул можно рассчитать угол подъема резьбы α (d2 — средний диаметр резьбы)?

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image959.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image961.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image963.gif

4. Ни одна из приведенных формул не верна.

- Сравниваются резьбы основного и мелкого шага при одинаковом наружном диаметре. Какое из заключений неверно?

1. У мелкой меньший угол подъема резьбы.

2. При мелкой резьбе больше «рабочее» сечение резьбового стержня.

3. Статическая несущая способность мелкой резьбы выше, чем основной.

4. Мелкая однозаходная резьба обеспечивает больший запас по условию самоторможения, чем основная.

- Какое количество заходов характерно для крепежных резьб?

1. Один.

2. Два.

3. Три.

4. Четыре.

- В резьбовой паре (винт—гайка) детали повернулись друг относительно друга на один оборот. Как они сместились в осевом направлении?

1. На величину шага резьбы.

2. На величину хода резьбы.

3. На величину хода, увеличенного в число заходов раз.

4. На величину хода, уменьшенного в число заходов раз.

- В регулировочном устройстве используется резьбовая пара с двухзаходной резьбой и шагом 2 мм. Для осевого перемещения, равного 20 мм, сколько раз нужно повернуть винт (гайка неподвижна)?

1. 20 раз.

2. 10 раз.

3. 5 раз.

4. 2,5 раза.

- Какой момент Т следует приложить к одной из деталей резьбовой пары (винту или гайке), чтобы преодолеть силу осевого сопротивления Q (без учета трения на торце)?

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image965.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image967.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image969.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image971.gif

где α — угол подъема резьбы; http://www.detalmach.ru/lect2.files/image973.gif— приведенный угол трения; d2 — средний диаметр резьбы.

- Какую осевую силу Q следует приложить к одной из деталей резьбовой пары (винту или гайке), чтобы создать полезный момент T (без учета трения на торце)?

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image975.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image977.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image979.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image981.gif

где α —угол подъема резьбы;  http://www.detalmach.ru/lect2.files/image973.gif — приведенный угол трения; d2 — средний диаметр резьбы.

- Угол симметричного профиля резьбы γ, коэффициент трения в резьбе f. По какой из формул рассчитывается приведенный угол трения в резьбе http://www.detalmach.ru/lect2.files/image973.gif?

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image983.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image985.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image987.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image989.gif

- Угол симметричного профиля метрической резьбы α, коэффициент трения в резьбе f, угол подъема резьбы β. .Как правильно записать условие самоторможения в резьбе (без учета трения на торце)?

1. β<ρ;

2. β≤ρ;

3. β<http://www.detalmach.ru/lect2.files/image991.gif

4. β≤http://www.detalmach.ru/lect2.files/image993.gif

где ρ=arctgf; http://www.detalmach.ru/lect2.files/image995.gif

- По какой формуле рассчитывается момент трения на торце гайки (головке болта)?

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image997.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image999.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image1001.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image1003.gif

где Q —осевая сила; f —коэффициент трения на торцовой поверхности; D1, D2 — соответственно больший и меньший диаметры кольцевой торцовой поверхности.

- Какая из приведенных формул для определения момента T на гайке (головке болта) при затягивании болтового соединения до силы Qz записана с ошибкой?

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image1005.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image1007.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image1009.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image1011.gif

где d2 — средний диаметр резьбы; α — угол подъема резьбы; http://www.detalmach.ru/lect2.files/image973.gif— приведенный угол трения в резьбе; f — коэффициент трения на торце; D1, D2 — соответственно больший и меньший диаметры кольцевой торцовой поверхности; http://www.detalmach.ru/lect2.files/image1013.gif - средний диаметр этой поверхности.

- Ниже записаны формулы, используемые для расчета коэффициента полезного действия η резьбовой пары. Какой из них следует воспользоваться для определения η винтового домкрата (с учетом трения на торцовой поверхности)?

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image1015.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image1017.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image1019.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image1021.gif

где d2 — средний диаметр резьбы; α — угол подъема резьбы; http://www.detalmach.ru/lect2.files/image973.gif —приведенный угол трения в резьбе; f — коэффициент трения на торце; Dср —средний диаметр торцовой поверхности.

- Возможные критерии работоспособности резьбы:

1. Срез витков винта.

2. Срез витков гайки.

3. Смятие рабочих поверхностей резьбы.

4. Износ рабочих поверхностей резьбы.

Какой из этих критериев наиболее вероятен для ходовых (грузовых) винтов?

- Ниже приведены формулы для проверочных расчетов элементов резьбы. Какой из них следует прежде всего воспользоваться при проверке работоспособности резьбы в болтовом соединении с гайкой, выполненной из материала менее прочного, чем винт?

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image1023.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image1025.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image1027.gif

http://www.detalmach.ru/lect2.files/image1029.gif

где Q — осевая сила; d, d1 — соответственно наружный и внутренний диаметр резьбы; k — коэффициент полноты резьбы; H — высота гайки; P — шаг резьбы; z — число витков в зацеплении; τср, σсм, p — соответственно напряжения среза, смятия, удельные давления на поверхности трения.