

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Графика»

О. С. КИСЕЛЕВСКИЙ

РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Учебно-методическое пособие
по выполнению расчётно-графической работы
для студентов механических специальностей



Гомель 2012

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Графика»

О. С. КИСЕЛЕВСКИЙ

РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Учебно-методическое пособие
по выполнению расчётно-графической работы
для студентов механических специальностей

Одобрено методической комиссией механического факультета

Гомель 2012

УДК 744 (075.8)
ББК 22.151.3
К44

Р е ц е н з е н т – канд. техн. наук, доцент **В. А. Лодня** (УО “БелГУТ”)

Киселевский, О. С.

К44 Резьбовые соединения : учеб.-метод. пособие / О. С. Киселевский ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп.– Гомель : БелГУТ, 2012. – 52 с.
ISBN 978-985-468-988-3

В краткой форме изложены теоретические сведения о винтовых поверхностях и образовании резьбы. Дана полная классификация типов резьбы. Приведены примеры изображения и обозначения резьбы на чертежах в соответствии с государственными стандартами. Предложена методика расчёта резьбовых соединений, а также варианты заданий для выполнения расчётно-графической работы. Представлен полный перечень ГОСТов, касающихся типов резьбы и резьбовых крепёжных деталей.

Предназначено для студентов механического факультета.

УДК 744 (075.8)
ББК 22.151.3

ISBN 978-985-468-988-3

© Киселевский О. С., 2012
© Оформление. УО “БелГУТ”, 2012

ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

Применение винтовых поверхностей в технике началось ещё в античные времена. Считается, что первым винт изобрел греческий философ, математик и механик Архит (IV–V в. до н. э). Широко известен изобретенный Архимедом винт, применявшийся для перемещения жидкостей и сыпучих тел. Первые крепёжные изделия, имеющие резьбу, начали применяться в Древнем Риме в начале нашей эры. Однако из-за высокой стоимости они использовались только в ювелирных украшениях и медицинских инструментах. Широкое применение ходовые и крепёжные резьбы нашли лишь в Средневековье в орудиях пыток Святой Инквизиции. В это время резьбу догадывались наносить только на внешние поверхности, а место гаек с внутренней резьбой использовались втулки с двумя или тремя штифтами.

Как крепёжные детали гайки и болты получили распространение лишь с началом промышленной революции, когда Джеймс Уатт изобрел паровую машину (1765 г). Стало ясно, что резьбовое соединение может принципиально улучшить конструкцию сложных механизмов, значительно облегчить сборку, а также повысить их надежность. Предпосылки к взаимозаменяемости и стандартизации резьбы были созданы Г. Модсли приблизительно в 1800 году, когда изобретённый им токарно-винторезный станок сделал возможным нарезание точной резьбы. В течение следующих 40 лет взаимозаменяемость и стандартизация в отношении резьбы имели место лишь внутри отдельных компаний.

В 1841 году Дж. Витворт разработал систему крепёжных резьб с профилем, имеющим угол при вершине 55° , к 1881 г. ставшую национальным стандартом Великобритании. В 1864 г. У. Селлерс предложил в качестве стандарта США свою систему, заменив угол профиля при вершине на 60° .

Несовместимость Английской и Американской систем стала причиной многих технических осложнений в годы Первой и Второй мировых войн. Созданная в 1946 г. по инициативе 25 стран мира Международная организация по стандартизации (ISO) к концу 1971 г. разработала и рекомендовала окончательную унифицированную систему типов резьбы, которая включает элементы как системы Витворта, так и системы Селлерса. Рекомендации ISO учтены государственным стандартом СССР, а впоследствии его странами-преемниками.

Госстандарт Республики Беларусь пользуется стандартами ГОСТ на резьбы и резьбовые крепёжные детали, принятыми Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР.

ВИНТОВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

Резьба является сложным присоединительным элементом деталей машин и приборов, воспринимает внешние усилия от другой детали, передаёт движение другой детали и обеспечивает герметичное соединение деталей. Резьбовые соединения (болтовые, винтовые, шпилечные) являются основным, наиболее распространённым типом разъёмных соединений, то есть соединений, многократная сборка и разборка которых возможна без повреждения составных частей. Резьбовые передачи нашли распространение в тех механизмах, где требуется преобразование вращательного движения в поступательное (механические домкраты, ходовые винты станков).

В образовании резьбы ключевое место занимают известные из курса начертательной геометрии винтовые поверхности. В основе образования винтовых поверхностей лежит винтовое перемещение геометрической фигуры, слагающееся из её одновременного равномерного поступательного и вращательного движения относительно оси. В том случае, если в качестве геометрической фигуры выступает точка, в результате её равномерного поступательного и вращательного движения образуется винтовая линия. В тех случаях,

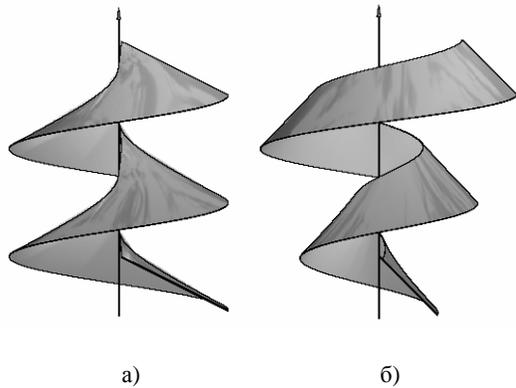


Рисунок 1 – Образование цилиндрической (а) и конической (б) резьбовых поверхностей

когда поступательное движение точки или фигуры, образующей винтовую поверхность, направлено параллельно оси вращения, винтовая линия или поверхность называется цилиндрической (рисунок 1, а). Если же направление движения точки или фигуры не параллельно оси вращения и пересекает её, то образуется коническая винтовая линия или поверхность (рисунок 1, б).

В зависимости от направления вращения фигуры вокруг оси образуемая ею винтовая линия может быть правой либо левой. То же касается и винтовой линии. Правой винтовой линией называют линию, образованную вращением точки по часовой стрелке при её удалении от наблюдателя вдоль оси. В противном случае винтовая линия называется левой. На рисунке 1 обе винтовые поверхности – правые. Резьба, образованная правой винтовой линией, наиболее часто встречается в технике и соответствует закручиванию гайки или закрытию водопроводного крана при его вращении по часо-

вой стрелке. Однако в ряде случаев в резьбе, предназначенной для преобразования движения, а также (несколько реже) в резьбовых соединениях применяется и левая винтовая поверхность.

В геометрии для обозначения винтовой линии принято также её научное название – гелиса. Участок винтовой линии, пройденный точкой за один её оборот вокруг оси, называют витком гелисы. Величину поступательного перемещения точки вдоль ось, совершённого за один её оборот, называют ходом гелисы P .

Фронтальная проекция цилиндрической гелисы является синусоидой с периодом, равным шагу, и амплитудой, равной диаметру. Горизонтальная проекция цилиндрической гелисы – это окружность (рисунок 2). При развёртке цилиндрической поверхности, содержащей гелису, винтовая линия превращается в прямую. Из этого следует, что цилиндрическая гелиса является геодезической линией, то есть линией, соединяющей по кратчайшему пути две точки на поверхности. Угол наклона развёртки гелисы α , называемый также углом подъёма винтовой линии, равен углу наклона касательной к гелисе в любой её точке и связывает диаметр d и шаг P соотношением $\operatorname{tg} \alpha = P/\pi \cdot d$.

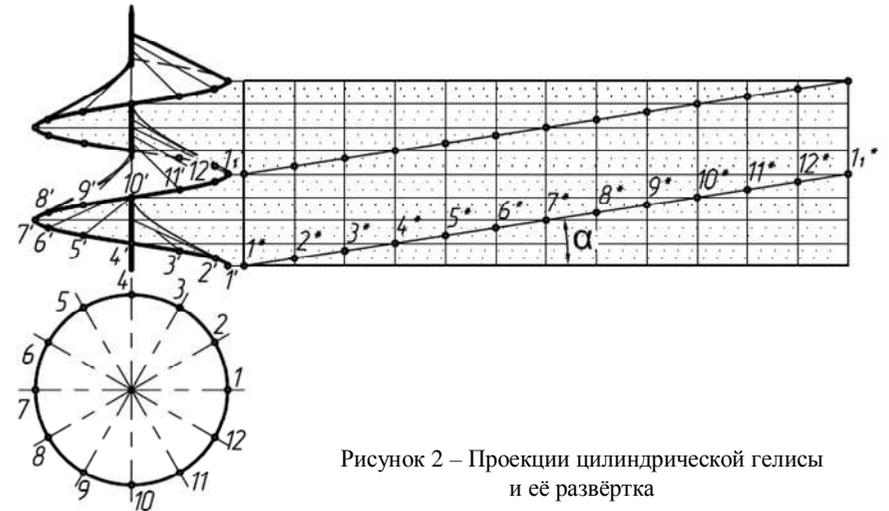


Рисунок 2 – Проекции цилиндрической гелисы и её развёртка

Фронтальная проекция конической гелисы – это линейно затухающая синусоида (синусоида с равномерно уменьшающейся высотой витков), а горизонтальная проекция – спираль Архимеда (рисунок 3). Винтовая линия на конусе не является геодезической. На развёртке конуса она также представляет собой отрезки спирали Архимеда, пересекающие образующие конуса под постоянным углом α в каждой своей точке.

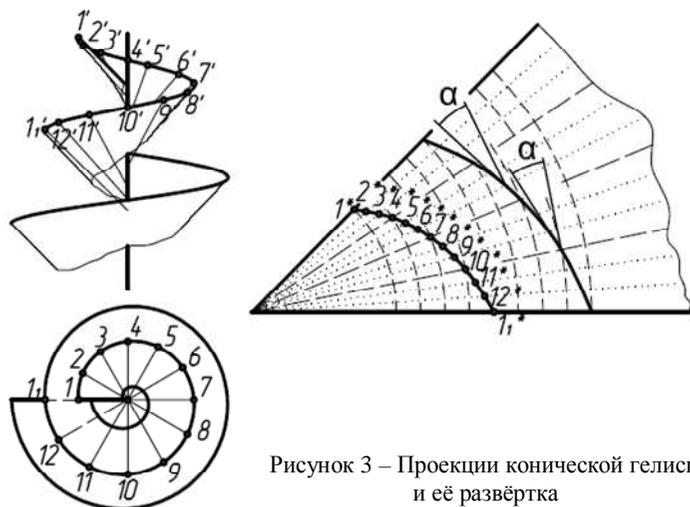


Рисунок 3 – Проекции конической гелисы и её развёртка

Следует отметить одно весьма важное свойство винтовых поверхностей, состоящее в том, что эти поверхности, так же, как и поверхности вращения, могут сдвигаться, т.е. поверхность, совершая винтовое перемещение, может скользить вдоль самой себя. Это свойство обеспечивает винтовым поверхностям широкое применение в технике. Винты, червяки, шнеки, свёрла, пружины, поверхности лопаток турбин и вентиляторов, рабочих органов судовых и воздушных винтов, конструкции наклонных винтовых аппарелей и лестниц – вот далеко не полный перечень технического использования винтовых поверхностей.

ОБРАЗОВАНИЕ РЕЗЬБЫ

Резьба образуется при винтовом движении некоторой плоской фигуры, расположенной в одной плоскости с осью поверхности вращения. Плоская геометрическая фигура представляет собой замкнутый контур (треугольник, прямоугольник, трапецию, полукруг) и называется *профилем резьбы*.

В зависимости от формы профиля резьбу называют *треугольной, прямоугольной, трапециевидальной, круглой*. Ось поверхности вращения называют *осью резьбы*.

Часть резьбы, образованная при одном повороте профиля вокруг оси, называют витком. То расстояние, на которое смещается профиль резьбы за один поворот вокруг оси, называют *ходом резьбы*.

В зависимости от того, какая винтовая линия лежит в основе резьбы, правая или левая, различают *правую* и *левую* резьбу. Соответственно в зависимости от того, по цилиндрической или по конической гелисе движется профиль резьбы, резьба будет называться цилиндрической либо конической.

Резьба может быть образована на внутренней либо наружной цилиндрической (конической) поверхности. В зависимости от этого и сама резьба будет называться *внутренней* или *наружной*.

Резьбу, образованную движением одного профиля, называют *однозаходной*, образованную движением двух, трёх или более одинаковых профилей – *многозаходной*. *Шагом резьбы P* называют расстояние между одноименными точками соседних профилей, измеренное в направлении, параллельном оси резьбы. Нетрудно убедиться, что у однозаходной резьбы шаг всегда равен ходу. У многозаходной резьбы в один ход умещается столько шагов, сколько одинаковых профилей образует резьбу, т.е. у *многозаходной резьбы ход равен шагу, умноженному на число заходов*.

Резьбу изготавливают режущим инструментом с удалением слоя материала, накаткой – путём пластического деформирования поверхностного слоя, литьём, прессованием, штамповкой в зависимости от материала и технических условий изготовления детали.

Как правило, цилиндрическая резьба, получаемая обработкой металла резанием, изготавливают на токарно-винторезных станках при постоянной продольной (вдоль оси вращения) подаче суппорта. Внутреннюю (в отверстиях) и наружную (на валах) резьбу малого диаметра изготавливают при помощи соответственно метчика и плашки (рисунок 4).



Рисунок 4 – Инструменты для изготовления резьбы: метчик (а) и плашка (б)

В силу устройства резьбонарезающего инструмента, метчика или плашки, а также при отводе реза на переходе от участка поверхности с резьбой к гладкой поверхности образуется переходный участок – *сбег* резьбы (рисунок 5, а). Если резьбу выполняют на поверхности, заканчивающейся торцом, не позволяющим доводить резец до упора, то образуется *недовод* резьбы (рисунок 5, б). Недовод резьбы в сумме со сбегом образуют недорез

резьбы. В том случае, если сопрягаемую по резьбе деталь необходимо закрутить до упора, то для устранения недореза, а также для вывода резьбонарезающего инструмента между резьбой и торцом предусматривают проточку, глубина которой должна быть не меньше высоты профиля резьбы. Технологически для более надёжного врезания резьбонарезающего инструмента, а также для точного соосного центрирования сопрягаемых резьб перед винчиванием, в начале как внутренней, так и наружной резьбы предусмотрена фаска, размер которой должен быть не менее высоты профиля резьбы.

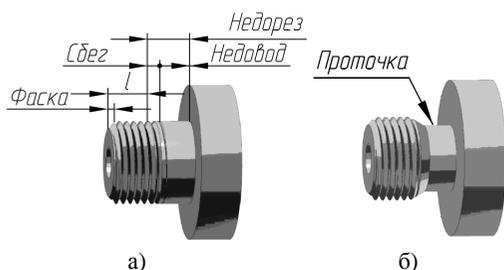


Рисунок 5 – Элементы наружной цилиндрической резьбы без проточки (а) и с проточкой для выхода инструмента (б)

Размеры фасок, сбегов, и проточек для выхода инструмента стандартизованы и должны соответствовать ГОСТ 27148–86 “Изделия крепёжные. Выход резьбы. Сбеги, недорезы и проточки. Размеры”. Ссылки и выдержки из указанного стандарта приведены в специализированных справочниках, а также в учебной литературе.

ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗЬБЫ

Построение точного изображения витков резьбы требует большой затраты времени, поэтому оно применяется лишь в исключительных случаях. Как правило, на чертежах резьбу согласно ГОСТ 2.311–68 изображают условно, независимо от её профиля, а именно:

а) резьбу на стержне – сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями – по внутреннему диаметру резьбы.

На изображениях, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси стержня, сплошную тонкую линию по внутреннему диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы, включая фаску, но без сбега. На видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную $\frac{3}{4}$ окружности, разомкнутую в любом месте, но не по оси (рисунок 6);

б) резьбу в отверстии – сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями – по наружному диаметру.

На разрезах, параллельных оси отверстия, сплошную тонкую линию по наружному диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы, включая фаску, но без сбега. На изображениях, получаемых проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную $\frac{3}{4}$ окружности, разомкнутую в любом месте, но не по оси (рисунок 7).

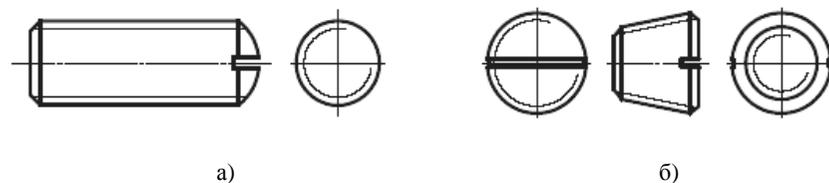


Рисунок 6 – Изображение наружной цилиндрической (а) и конической (б) резьбы

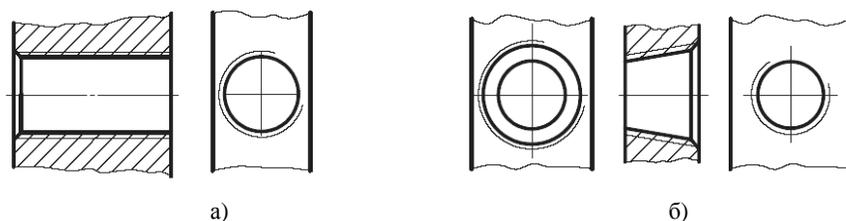


Рисунок 7 – Изображение внутренней цилиндрической (а) и конической (б) резьбы

Фаски на стержне с резьбой и в отверстии с резьбой, не имеющие специального конструктивного назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, не изображают. Границу резьбы на стержне и в отверстии проводят в конце полного профиля резьбы, до сбега, основной линией, доходящей своими концами до линий наружного диаметра резьбы (рисунок 8, а). Если на разрезе линия, определяющая границу резьбы, не видима, её изображают штриховой линией (рисунок 8, б). Расстояние между линиями, изображающими наружный и внутренний диаметры резьбы, должно быть не менее 0,8 мм и не более шага резьбы. При необходимости графического изображения сбега резьбы его изображают тонкой линией, под углом приблизительно 30° к оси резьбы. На производственных чертежах сбеги резьбы изображают редко.

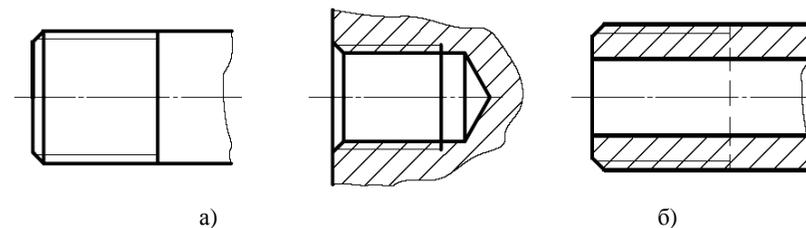


Рисунок 8 – Примеры изображения видимой (а) и невидимой (б) границы резьбы

Штриховку в разрезах и сечениях проводят до линии наружного диаметра резьбы на стержнях и до линии внутреннего диаметра в отверстиях, т.е. в обоих случаях до сплошной основной линии.

При изображении резьбовых соединений в разрезе наружная резьба всегда обладает преимуществом и закрывает резьбу отверстия (рисунок 9). Обратите внимание на то, что в разрезе штриховка обеих деталей резьбового соединения доводится до сплошных основных линий.

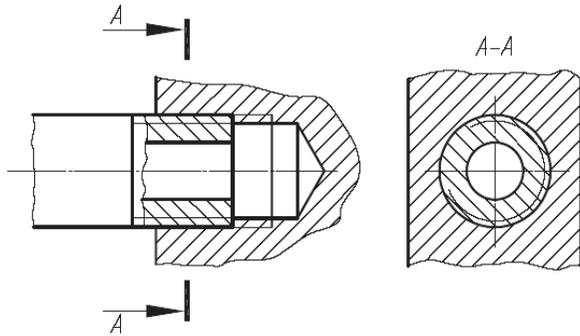


Рисунок 9 – Пример изображения резьбового соединения

Более подробно сведения об изображении резьбы см. в ГОСТ 2.311 – 68.

КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЗЬБ

По назначению резьбы общего применения подразделяются:

- на крепёжные (метрическая и дюймовая), применяют для разъёмного соединения деталей машин и приборов; основное их назначение – обеспечение прочности соединений и сохранение плотности (нераскрытия) стыка в процессе длительной эксплуатации;

- кинематические (трапецеидальные и прямоугольные, метрическая повышенной прочности), применяют для обеспечения точного перемещения при наименьшем трении, а также для преобразования вращательного движения в прямолинейное в прессах, домкратах, ходовых винтах; основное назначение – обеспечение плавности вращения и высокой нагрузочной способности;

- трубные и арматурные (трубные цилиндрическая и коническая, метрическая коническая), применяемые для трубопроводов и арматуры; основное назначение – обеспечение герметичности соединений;

- электротехническую (круглая резьба, резьба Эдисона), применяемую в электрических контактах, например в лампах накаливания; главное её на-

значение – обеспечение максимальной площади контакта и минимального электрического сопротивления границы раздела поверхностей.

Для наиболее распространённых резьб стандартизованы диаметр, шаг, форма и размеры профиля, допускаемые отклонения размеров (посадки).

В зависимости от формы образующего профиля различают резьбы *треугольного, круглого сечения, трапецеидальные, прямоугольные и специальные*. Для крепёжных изделий применяют резьбы треугольного профиля.

Метрическая цилиндрическая резьба (М) ГОСТ 24705–2004 (ИСО 724:1993) используется в качестве основного типа крепёжной резьбы в интервале диаметров от 0,25 до 600 мм. Номинальный профиль метрической цилиндрической резьбы – равносторонний треугольник с углом при вершине 60° (рисунок 10), шаг резьбы P , высота профиля H , а также радиусы закруглений вершин стандартизованы ГОСТ 8724–81, ГОСТ 9150–81.

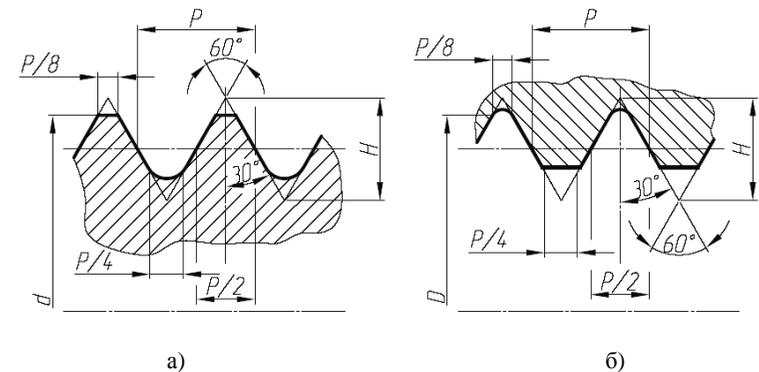


Рисунок 10 – Профиль наружной на валу (а) и внутренней в отверстии (б) метрической цилиндрической резьбы

Высота профиля резьбы H однозначно зависит от шага P и приблизительно равна $0,866P$. Об этом нужно помнить, назначая величину фаски и глубину проточки. Также следует запомнить, что для каждого диаметра d (D) метрической цилиндрической резьбы стандартом ГОСТ 8724–81 предусмотрено одно номинальное значение шага P , называемое *крупным* шагом, и по несколько допускаемых значений мелкого шага.

По назначению метрическая цилиндрическая резьба делится на подклассы: общего назначения, для приборостроения, для соединений с переходными посадками, для соединений с натягом, цилиндрическая резьба для аэрокосмической техники и метрическая резьба для изделий из пластмассы.

Дюймовая цилиндрическая резьба UNF (Unified Thread Standard) ISO 8434–1 (DIN 2353) применяется в США и Канаде. Угол при вершине и высота профиля полностью соответствуют метрической цилиндрической

резьбе, однако все размеры основаны на дюймовой системе измерения и указываются в долях дюйма.

Не следует путать дюймовую цилиндрическую резьбу крепёжного назначения с трубной цилиндрической резьбой ГОСТ 6357 - 81, даже в литературе ошибочно называемой дюймовой.

Трубная цилиндрическая резьба (G) применяется в цилиндрических резьбовых соединениях труб, а также в соединениях внутренней цилиндрической резьбы с наружной конической резьбой. Профиль и основные размеры установлены ГОСТ 6357–81. Одинаковый для наружной и внутренней резьбы профиль имеет одинаковые скругления вершин и впадин (рисунок 11), что делает резьбу более герметичной, чем метрическая.

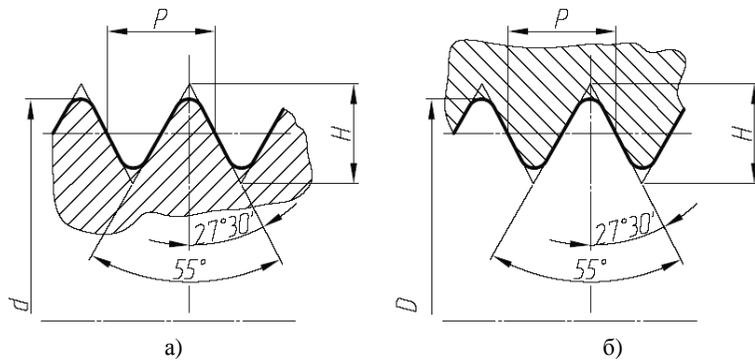


Рисунок 11 – Профиль наружной (а) и внутренней (б) трубной цилиндрической резьбы

Следует помнить, что размеры трубной цилиндрической резьбы характеризуются не внешним диаметром d (D), а проходным диаметром той трубы, на которой эта резьба может быть нарезана, измеренным не в миллиметрах, а в дюймах. Так, например, резьба, нарезанная на трубе с номинальным внутренним диаметром 25 мм, что приблизительно равно одному дюйму (1 дюйм = 25,4 мм), с учетом толщины стенки трубы будет иметь наружный диаметр $d = 33,294$, но её номинальный размер составит 1 дюйм.

Трубная коническая резьба (три разновидности: трубная коническая, коническая дюймовая, коническая метрическая) применяется в соединениях топливных, масляных, водяных, газовых и воздушных трубопроводах машин и станков, требующих высокой герметичности. Все конические резьбы нарезают на поверхностях, конусность которых составляет 1:16. Чертежи профилей этих резьб в данном методическом пособии не приведены. Для трубной конической резьбы (ГОСТ 6211–81), так же, как и для трубной цилиндрической, угол при вершине составляет 55° и характеризуется она про-

ходным диаметром. Метрическая коническая (ГОСТ 25229–82) и дюймовая коническая (ГОСТ 6111–52), как и соответствующие цилиндрические резьбы, имеют симметричный треугольный профиль с углом при вершине, равным 60°. Дюймовая коническая резьба характеризуется проходным диаметром трубопровода. Метрическая коническая резьба характеризуется её внешним номинальным диаметром, измеренным в основной плоскости, расположение которой относительно торца детали регламентировано стандартом.

Круглая резьба для санитарно-технической арматуры применяется в соединениях, подвергающихся сильному изнашиванию в загрязненной среде (в арматуре пожарных трубопроводов, в вагонных стяжках, крюках грузоподъемных машин, в шпинделях вентилей смесителей, туалетных и водопроводных кранов). Её профиль образован окружностями, на вершинах и впадинах, соединёнными прямыми с углом профиля при вершине 30°. Профиль и основные размеры установлены ГОСТ 13536–68.

Круглая резьба для электротехнической арматуры (резьба Эдисона) применяется для электротехнических изделий, например, цоколей ламп накаливания (ГОСТ 6042–83). Цоколем Эдисона принято называть разработанный Томасом Эдисоном в 1909 способ быстрого резьбового соединения ламп накаливания.

Трапециевидальная резьба имеет сечение в форме равнобокой трапеции с углом профиля 30° (рисунок 12). Она характеризуется сравнительно малым коэффициентом трения и применяется для передачи движения или больших усилий в ходовых винтах металлорежущих станков, в домкратах, прессах. Витки трапециевидальной резьбы имеют наибольшее сечение у основания, что обеспечивает высокую прочность ее и удобство при нарезании. Основные элементы трапециевидальной резьбы стандартизованы ГОСТ 9484–81.

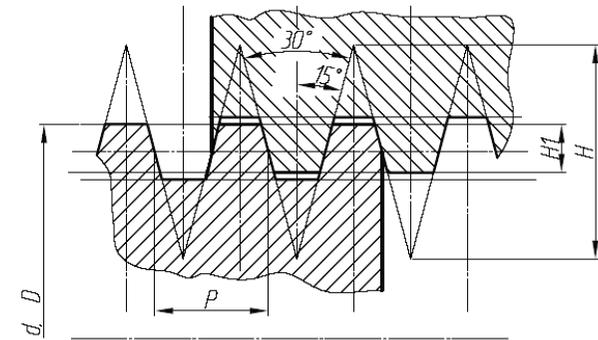


Рисунок 12 – Профиль трапециевидальной резьбы

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° (рисунок 13). Форма профиля и значение диаметров шагов для упорной однозаходной резьбы устанавливает ГОСТ 10177–82. Резьба применяется для передачи движения и механической нагрузки при больших односторонних усилиях, действующих в осевом направлении в ходовых винтах домкратов, прессов.

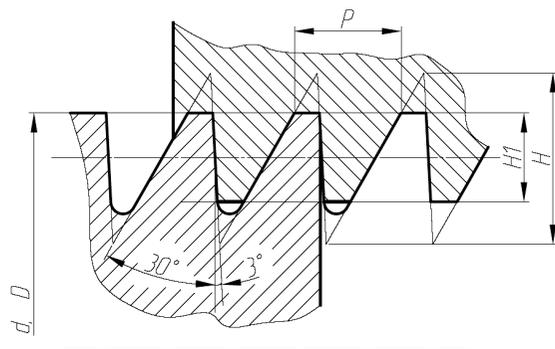


Рисунок 13 – Профиль упорной резьбы

Упорная усиленная резьба, стандартизованная ГОСТ 13535–87, отличается от упорной резьбы тем, что тыльная нерабочая сторона её профиля расположена под углом 45° , что обеспечивает значительно больший запас прочности. Резьба применяется в особо тяжело нагруженных ходовых винтах с односторонними осевыми нагрузками.

Прямоугольная резьба не стандартизована, так как наряду с преимуществами, заключающимися в более высоком коэффициенте полезного действия, чем у трапецидальной резьбы, она менее прочна и сложнее в производстве. Применяется при изготовлении ходовых винтов.

ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБ

В общем случае в обозначение резьбы входит: буквенный знак резьбы; номинальный размер в миллиметрах или дюймах; размер шага в миллиметрах, если он не крупный; для многозаходных резьб – значение хода с указанием в скобках шага; обозначения LH для левой резьбы; буквенно-цифровое обозначение поля допуска или буквенное обозначение класса точности; чис-

ленное значение длины свинчивания, если она отличается от нормальной. В однозаходных резьбах крупный шаг не указывают. Примеры обозначения резьб с их расшифровкой приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Условные обозначения стандартных резьб

Наименование резьбы	Обозначение	Расшифровка	Способ нанесения размера на чертеже
Метрическая (ГОСТ 8724–81)	M20	Однозаходная диаметром 20 мм с крупным шагом	
	M36LH	Однозаходная левая диаметром 36 мм с крупным шагом	
	M16x1	Однозаходная диаметром 16 мм с мелким шагом 1 мм	
	M30x2(P1)	Двузаходная диаметром 30 мм с шагом 1 мм	
Трубная цилиндрическая (ГОСТ 6357–81)	G $\frac{3}{4}$ -A	Номинальным диаметром 26,441 мм, класс точности A	
	G1 $\frac{1}{2}$ -A LH	Номинальным диаметром 27,803 мм, левая, класс точности A	
	G3-B	Номинальным диаметром 87,884 мм, класс точности B	
Трубная коническая (ГОСТ 6211–81)	R1 $\frac{1}{2}$	Наружная диаметром в основной плоскости 47,803 мм	
	Rc1 $\frac{1}{2}$	То же только внутренняя	
	R1 $\frac{1}{2}$ LH	То же наружная левая	
Коническая дюймовая (ГОСТ 6111–2)	K $\frac{3}{4}$ "	Номинальным диаметром в основной плоскости 25,117 мм	
Коническая метрическая (ГОСТ 25229–82)	MK30x2	Номинальным диаметром в основной плоскости 30 мм и шагом 2 мм	
Трапецидальная (ГОСТ 24738–81, ГОСТ 24739–81)	Tr40x7	Однозаходная диаметром 40 мм и шагом 7 мм	
	Tr40x7LH	То же левая	
	Tr52x9(P3)	Трёхзаходная, ход 9 мм, шаг 3 мм, диаметр 52 мм	
Упорная (ГОСТ 24737–81)	S80x10LH	Диаметром 80 мм, шагом 10 мм, левая	
Круглая (ГОСТ 10177–82)	Kp12x2,54	Диаметром 12 мм, шагом 2,54 мм	

Если резьба не является стандартной, как, к примеру, прямоугольная резьба, то её профиль вычерчивают, чаще всего – в качестве выносного элемента, на котором проставляют все необходимые размеры. Кроме размеров резьбы на чертеже указывают данные о числе заходов, о левом направлении и т.п. с добавлением слова «Резьба» (рисунок 14).

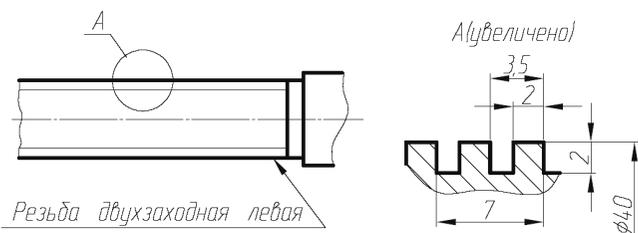


Рисунок 14 – Изображение специальной резьбы

СТАНДАРТНЫЕ КРЕПЁЖНЫЕ ДЕТАЛИ С РЕЗЬБОЙ

Стандартные детали, применяющиеся в разъёмных резьбовых соединениях, весьма разнообразны по форме, назначению, точности изготовления, материалу и другим особенностям. Их подразделяют на детали общего назначения и специальные, предназначенные для применения в определённых видах изделий или в особых условиях. Все крепёжные детали стандартизованы. Число стандартов, определяющих форму, размеры, материал, покрытие и другие характеристики крепёжных деталей весьма велико, причём каждый из них содержит соответствующие *условные обозначения*, ссылки на которые, помещаемые в конструкторской документации, должны быть точными. Для болтов, винтов, шпилек и гаек в ГОСТ 1759–70 установлены технические требования, включающие классы и группы прочности, допуски размеров, формы и расположения поверхностей, виды покрытий, маркировку, методы контроля, условные обозначения. Стандарты на многие крепёжные детали предусматривают по несколько исполнений, отличающихся внешней формой или наличием отдельных конструктивных элементов.

Болтом называется цилиндрический стержень с головкой на одном конце и с резьбой на другом, предназначенном для наворачивания гайки. Болты общего назначения с шестигранными головками изготавливают грубой (ГОСТ 15589–70), нормальной (ГОСТ 7798–70) и повышенной (ГОСТ 7805–70) точности. По конструкции болты подразделяют на четыре типа исполнения: 1 – без отверстий; 2 – с отверстием под шплинт; 3 – со сквозными отверстиями в головке, 4 – с углублением в головке (рисунок 15).

Пример условного обозначения болта нормальной точности с диаметром резьбы $d = 12$ мм, длиной $l = 60$ мм, класса прочности 5.8, исполнения 1, с крупным шагом резьбы класса точности 9, без покрытия:

Болт M12×60.58 ГОСТ 7798–70.

Болт того же диаметра, но класса прочности 10.9 из стали 40X, исполнения 2, с мелким шагом резьбы класса точности 2а, с цинковым хроматированным покрытием:

Болт 2M12×1,25.2a×60.109.40X.01 ГОСТ 7798–70.

В условном обозначении не указывают исполнение 1, крупный шаг резьбы, правую резьбу, отсутствие покрытия, а также параметры, однозначно определённые стандартом на продукцию.

Гайка – деталь с резьбовым отверстием, предназначенная для навинчивания на болт или шпильку, в зависимости от назначения и условий эксплуатации может быть *шестигранной, квадратной, шестигранной прорезной и корончатой, крыльчатой, круглой илилицевой, гайкой-барашком* и др.

Наиболее широко применяют шестигранные гайки грубой, нормальной и повышенной точности, нормальной высоты, низкие, высокие и особо высокие, с крупным или мелким шагом.

Шестигранные гайки нормальной точности и высоты по ГОСТ 5915–70 выпускают в трёх исполнениях (рисунок 16).



Рисунок 15 – Болты нормальной точности разных исполнений по ГОСТ 7798–70

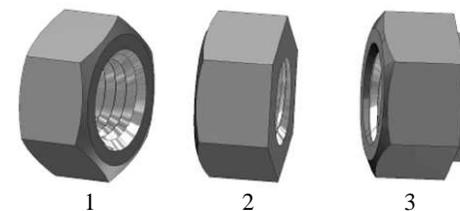


Рисунок 16 – Варианты исполнения гаек нормальной точности по ГОСТ 5915–70

Пример условного обозначения гайки нормального класса точности и нормальной высоты (ГОСТ 5915–70), второго исполнения, с диаметром резьбы 12 мм с шагом 1,25 мм, выполненной из стали 40Х, класса прочности 12, с цинковым хромированным покрытием толщиной 6 мкм:

Гайка 2М12×1,25–12.40Х.016 ГОСТ 5915–70.

Шпилькой называется цилиндрический стержень с резьбой на двух концах. Одним концом шпилька ввинчивается в резьбовое отверстие детали, на другой конец навинчивается гайка. Также возможен вариант соединения шпилькой, когда обе соединяемые детали имеют сквозные гладкие отверстия, в них свободно входит шпилька, а на оба её конца навинчивается гайка. Соединение шпилькой применяется в случае, когда невозможно или нецелесообразно применять соединение болтом. Длина ввинчиваемого конца зависит от механических свойств материала, в который шпилька ввинчивается.

ГОСТ 22032–76 распространяется на шпильки диаметром от 2 до 48 мм, предназначенные для ввинчивания в резьбовое отверстие в стальных, бронзовых и латунных деталях. Длина ввинчиваемого конца этих шпилек равна их диаметру.

Для деталей из ковкого и серого чугуна длина ввинчиваемого конца составляет $1,25d$ и $1,6d$ соответственно. Шпильки с такой длиной ввинчиваемого конца выпускают по ГОСТ 22034–70 и ГОСТ 22036–76.

Для деталей из лёгких сплавов применяют шпильки с длиной ввинчиваемого конца $2,5d$, выпускающихся по ГОСТ 22040–76.

Шпильки выпускают в двух исполнениях, как показано на рисунке 17.



Рисунок 17 – Варианты исполнения шпилек

За номинальную длину шпильки принимают её длину без ввинчиваемого конца.

По аналогии с обозначением болтов и гаек шпилька с диаметром резьбы 12 мм, крупным шагом, длиной 120 мм, с длиной ввинчиваемого конца 12 мм, класса прочности 5,8, без покрытия будет иметь обозначение:

Шпилька М12×120.58 ГОСТ 22032–76.

Шпилька того же диаметра, но с мелким шагом и длиной ввинчиваемого конца 19 мм:

Шпилька М12×1–120.58 ГОСТ 22036–76.

Винтом называется резьбовое изделие, представляющее собой стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом для ввинчивания в одну из соединяемых деталей. Винт может иметь шестигранную или квадратную головку в случае, если предназначен для закручивания гаечным ключом, или шлиц, в случае если он предназначен для закручивания отвёрткой или шестигранным (инбусовым) ключом. Головка винта в этом случае может быть цилиндрической, полукруглой, потайной, полупотайной и др. На каждый вариант формы головки предусмотрен свой стандарт, некоторые из которых представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Некоторые типы крепёжных винтов общего назначения

Наименование	Внешний вид	Исполнение
Винты с цилиндрической головкой (ГОСТ 1491-80)		Класса точности 2 (А и В) исполнение 1
Винты с полукруглой головкой (ГОСТ 17473-80)		Класса точности 2 (А и В) исполнение 2 – с прямым или крестообразным шлицем
Винты с потайной головкой (ГОСТ 17475-80)		Класса точности 2 (А и В) исполнение 2 – с прямым или крестообразным шлицем
Винты с полупотайной головкой (ГОСТ 17474-80)		Класса точности 2 (А и В) исполнение 2 – с прямым или крестообразным шлицем

Пример условного обозначения винта с потайной головкой, класса точности А, диаметром резьбы 8 мм, с крупным шагом, длиной 50 мм, класса прочности 4.8, без покрытия:

Винт А.М8–50.48 ГОСТ 17475–80.

Такой же винт, но с полупотайной головкой, класса точности Б, диаметром резьбы 6 мм, с крупным шагом, длиной 40 мм будет обозначаться:

Винт Б.М6–40.48 ГОСТ 17474–80.

РАСЧЁТ И ИЗОБРАЖЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ РЕЗЬБОВЫМИ КРЕПЁЖНЫМИ ДЕТАЛЯМИ

ГОСТ 2.315–68 предусматривает упрощенные и условные изображения крепежных деталей на сборочных чертежах. При упрощенных изображениях 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.

В расчётно-графической работе крепёжные детали следует изображать подробно на увеличенном вынесенном виде и упрощённо на сборочном чертеже. Размеры крепёжных деталей следует брать из официальных изданий государственных стандартов, доступных для бесплатного скачивания в Интернете, например на сайте <http://gostexpert.ru>, выбирать по справочникам или рассчитывать по соотношениям, приведенным в приложении А. Эти соотношения были утверждены в ОСТ 356 в 1928 году и, несмотря на то, что был давно отменён, широко используется на практике при расчёте габаритов разъёмных соединений. Размеры, полученные расчётным методом, часто значительно отличаются от номинальных, поэтому прежде чем переходить к вычерчиванию, их всё равно рекомендуется уточнять по справочной литературе.

Соединение болтом. Различают два случая: когда диаметр отверстия больше диаметра стержня болта и когда их номинальные размеры равны. В любом случае при соединении болтом отверстия в скрепляемых деталях являются гладкими и их диаметр обеспечивает свободный вход в них стержня болта. Величину диаметра отверстий d_h выбирают в зависимости от требуемой точности сборки по ГОСТ 11284–75. При выполнении учебной расчётно-графической работы достаточно ограничиться выбором диаметра отверстия на 1 мм большего, чем номинальный диаметр резьбы.

Длина болта l должна быть достаточной для того, чтобы на ней поместились толщины скрепляемых деталей, шайба, гайка и чтобы ещё осталась свободная выступающая часть болта длиной k не менее двух шагов резьбы (рисунок 18). Иными словами, *длиной болта называется длина цилиндрического стержня без головки*. Длина болта, как и прочие его номинальные параметры, является стандартной величиной и выбирается из ряда, регламентированного ГОСТ 7798–70, т.е. расчётное значение длины болта следует округлять в большую сторону до ближайшего стандартного значения.

Шайбы применяют для предохранения поверхностей детали от повреждения гайкой при её затяжке. Также применение шайбы увеличивает опорную площадь гайки, головки винта или болта, за счёт дополнительного зазо-

ра повышает упругость соединения и снижает вероятность самоотвинчивания гаек при вибрациях и температурных перепадах.

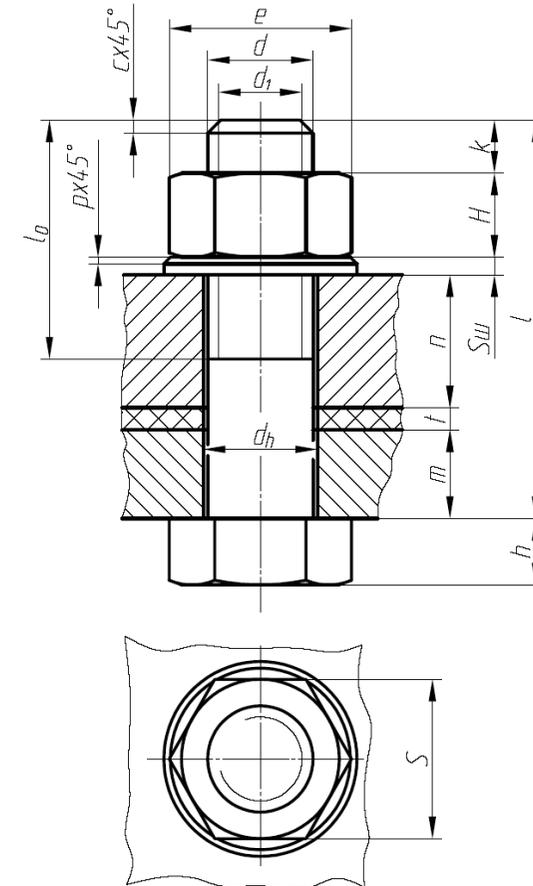


Рисунок 18 – Конструктивные элементы и размеры деталей в соединении болтом

На рисунке 18 обозначены следующие размеры:

m, t, n – толщины скрепляемых деталей (заданы по условию);

l – длина болта, вычисляется по формуле $l = m + t + n + S_{ш} + H + k$,

где $S_{ш}$ – толщина шайбы по ГОСТ 11371–78;

H – высота гайки по ГОСТ 5915–70;

K – длина свободной части болта, не менее чем два шага резьбы;

длина болта округляется в большую сторону до ближайшей стандартной величины по ГОСТ 7798–70;

l_0 – длина резьбы по ГОСТ 7798–70;

d_h – диаметр отверстия в скрепляемых деталях по ГОСТ 11284–75;

e – диаметр описанной около шестигранника окружности;

S – размер шестигранника под ключ по ГОСТ 5915–70, ГОСТ 7798–70;

d_1 – внутренний диаметр резьбы по ГОСТ 24705–2004;

p – катет фаски на шайбе исполнения 2 по ГОСТ 11371–78;

c – катет фаски для метрической резьбы по ГОСТ 10549–80.

Указанные на рисунке 18 размеры необходимы только при вычерчивании подробного изображения соединения. На чертеже наносить все эти размеры не следует. При выполнении работы ориентируйтесь на пример в приложении А.

При выполнении учебных чертежей часто возникают трудности с построением дуг гипербол на гайках и болтах. Эти гиперболы образуются при пересечении конической поверхности фаски с плоскими поверхностями граней шестигранника (рисунок 19, а). Обычно дуги гипербол условно заменяют дугами окружностей, построенными каждая по трём точкам, как показано на рисунке 19, б.

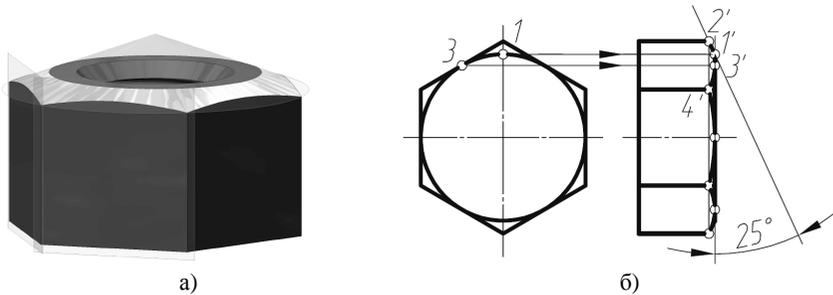


Рисунок 19 – Образование дуг гипербол (а) и замена их дугами окружностей (б)

Соединение шпилькой применяется в тех случаях, когда по конструктивным соображениям невозможно или нецелесообразно применять соединение болтом. При соединении шпилькой в одной из деталей сверлят сквозное гладкое отверстие диаметром, несколько большим или равным диаметру резьбы, а в другой – глухое отверстие с резьбой (рисунок 20). При сборке разборке соединения шпилька из резьбового гнезда обычно не вывёртывается, что обеспечивает сохранность резьбы в самой детали, особенно если материал детали не обладает достаточной механической прочностью. Гнездо под шпильку сначала высверливают диаметром, равным внутреннему диаметру резьбы, затем делают фаску, после чего нарезают резьбу.

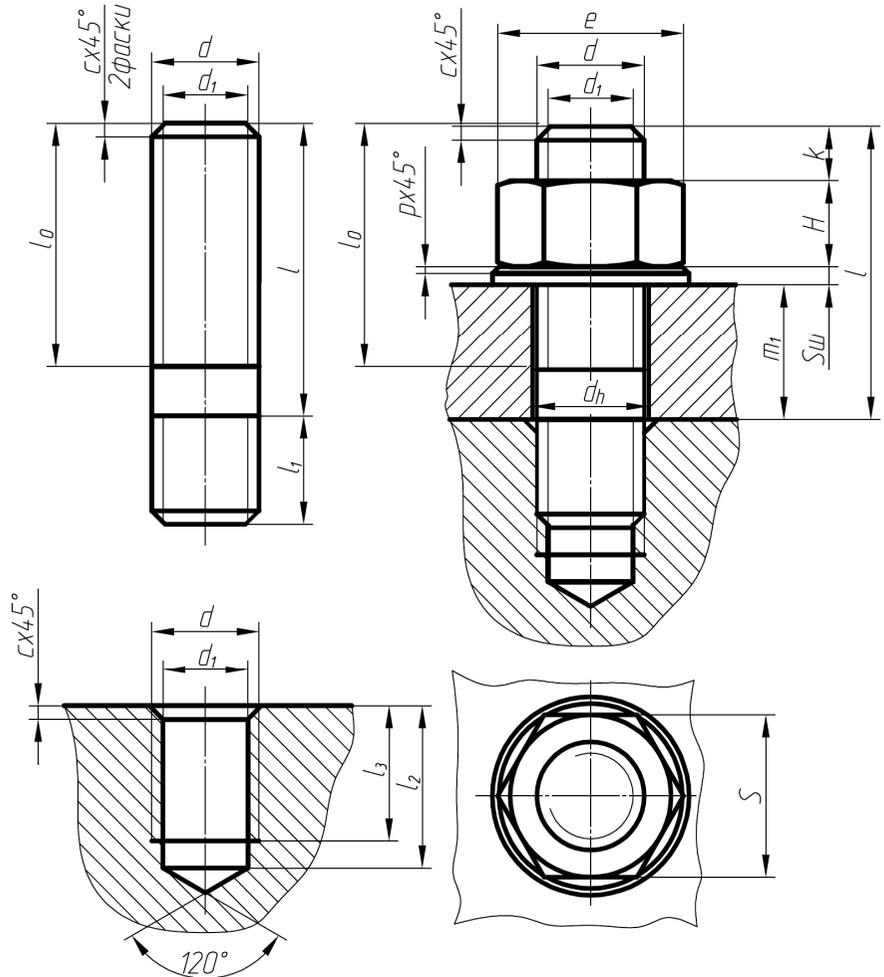


Рисунок 20 – Конструктивные элементы и размеры деталей в соединении шпилькой

На рисунке 20 обозначены следующие размеры:

m_1 – толщина скрепляемой детали (задана по условию);

l – длина шпильки, т.е. длина стержня без ввинчиваемого конца, вычисляется по формуле $l = m_1 + S_{ш} + H + k$,

где $S_{ш}$ – толщина шайбы по ГОСТ 11371–78;

H – высота гайки по ГОСТ 5915–70;

K – длина свободной части болта, не менее чем два шага резьбы;

длина шпильки округляется в бóльшую сторону до ближайшей стандартной величины по ГОСТ 22034–70 или ГОСТ 22036–76;

l_0 – длина резьбового гаечного конца по соответствующему ГОСТу;

l_1 – длина ввинчиваемого конца шпильки по соответствующему ГОСТу в зависимости от материала той детали, в которую ввинчивается шпилька:

для деталей из стали, бронзы, латуни, титана $l_1 = d$ по ГОСТ 22032–76,

для деталей из чугуна $l_1 = 1,6d$ по ГОСТ 22036–76,

для лёгких сплавов $l_1 = 2,5d$ по ГОСТ 22040–76;

d_h – диаметр отверстия в скрепляемых деталях по ГОСТ 11284–75;

e – диаметр описанной около шестигранника окружности;

S – размер шестигранника под ключ по ГОСТ 5915–70;

d_1 – внутренний диаметр резьбы по ГОСТ 24705–2004;

p – катет фаски на шайбе исполнения 2 по ГОСТ 11371–78;

c – катет фаски для метрической резьбы по ГОСТ 10549-80;

l_2 – глубина отверстия под гнездо шпильки, $l_2 = l_1 + 0,5d$;

l_3 – длина резьбовой части отверстия, $l_3 = l_1 + 0,25d$.

Указанные на рисунке 20 размеры необходимы только при вычерчивании подробного изображения соединения. Так же, как и на чертеже болтового соединения, на чертеже соединения шпилькой эти размеры наносить не следует. При выполнении работы ориентируйтесь на пример в приложении А.

Соединение винтом. При кажущейся внешней схожести винта с болтом (винт, как и болт, представляет собой стержень, на одном конце которого резьба, а на другом – головка) винт имеет одно важное принципиальное отличие: он ввинчивается в резьбовое отверстие одной из скрепляемых деталей. Расчёт и изготовление этого резьбового отверстия не отличаются от расчёта гнезда под шпильку: глубина ввинчивания зависит от материала детали и диаметра резьбы (для деталей из стали, бронзы, латуни, титана $l_1 = d$, для деталей из чугуна $l_1 = 1,6d$, из лёгких сплавов $l_1 = 2,5d$); глубина отверстия $l_2 = l_1 + 0,5d$, длина резьбовой части отверстия $l_3 = l_1 + 0,25d$. Отличие от соединения шпилькой заключается в том, что если шпилька своим резьбовым концом ввинчивается в гнездо до упора, то ввинчивание винта ограничено толщиной прикрепляемой детали и длиной самого винта.

Длиной винта в общем случае называется расстояние от торца его стержня до внешнего уровня прикрепляемой детали. Поскольку винты сильно отличаются друг от друга по форме головки (см. таблицу 2), расстояние, конструктивно принимаемое за длину, а также форма отверстия в детали и принцип установки в него винта также отличаются. В любом случае длина винта складывается из толщины прикрепляемой детали и глубины ввинчивания: $l = t + l_1$ (рисунок 21). Расчетное значение длины винта округляется в бóльшую сторону до ближайшего значения согласно соответствующему форме головки винта ГОСТу. После чего необходимо проверить, достаточна ли у выбранного стандартного винта длина резьбы.

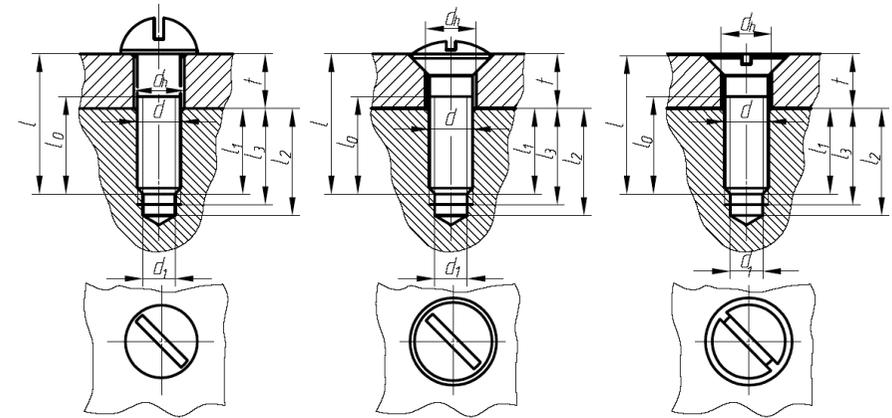


Рисунок 21 – Конструктивные элементы и размеры деталей в соединениях винтами

Размеры головок, шлицев на головках и прочих конструктивных элементов следует брать из официальных изданий соответствующих стандартов либо из справочной литературы. На чертеже следует обозначать только номинальный диаметр резьбы, номинальную длину винта и толщину прикрепляемой детали (см. пример в приложении А).

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРАВИЛАХ ОФОРМЛЕНИЯ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ И ДОКУМЕНТАЦИИ

Сборочный чертёж, как и чертёж детали, является конструкторским документом. Он содержит изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для её сборки (изготовления) и контроля. Иными словами, сборочный чертёж не должен предоставлять полную информацию о форме и размерах каждой из деталей сборочного узла, но должен давать исчерпывающее представление о том, как, в какой последовательности, из каких деталей и по каким размерам следует собирать сборочную единицу или узел.

Сборочный чертёж должен содержать:

- а) изображение изделия, дающее полное представление о расположении и взаимной связи составных частей;
- б) присоединительные, установочные и справочные размеры;
- в) номера позиций составных частей, входящих в изделие;
- г) габаритные размеры.

Смежные детали в разрезах и сечениях выделяют разной по направлению и плотности штриховкой, одинаковой для каждой детали на всех изображениях. Такие детали, как валы, оси, стержни, шарики, болты и т. д., если они не имеют внутренних полостей, а также гайки и шайбы в продольных разрезах и сечениях не штрихуют.

Сборочные чертежи выполняют, как правило, с упрощениями, соответствующими требованиям стандартов ЕСКД: и на сборочных чертежах можно не показывать фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки, оплётки, зазоры между стержнем и отверстием.

Крепёжные детали на сборочных чертежах изображают упрощённо, согласно ГОСТ 2.315–68.

Номера позиций всех деталей располагают на линиях-выносах. Линии-выноски не должны:

- а) пересекать изображения других составных частей изделия;
- б) пересекаться между собой;
- в) пересекать размерные и выносные линии (по возможности);
- г) быть параллельными линиям штриховки.

На линии-выноске допускается делать один излом. Разрешается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций для группы деталей, если их взаимосвязи отчётливо выражены и исключают двоякое понимание.

Полки линий-выносок располагают параллельно основной надписи вне контура изображения и группируют в колонки и строчки. Линии-выноски и полки проводят тонкими линиями. Номера позиций обозначают шрифтом на размер большим, чем размерные числа.

Спецификация является основным конструкторским документом. Она необходима для изготовления, комплектования конструкторских документов и планирования запуска в производство указанных изделий. Спецификация содержит информацию о всех сборочных единицах и деталях, входящих в изделие, о материалах, сопроводительной документации.

Оформляется спецификация согласно ГОСТ 2.108–68 на листах формата А4 с основной надписью для текстовых документов высотой 40 мм. Если одного листа не достаточно, последующие листы содержат основную надпись высотой 15 мм.

В данной работе спецификация должна содержать обязательные пункты:

- документация (сборочный чертёж, расчет резьбовых соединений);
- детали (перечисление нестандартных деталей сборочной единицы с указанием их шифров и позиций на сборочном чертеже);
- стандартные изделия (перечисление всех стандартных изделий с указанием их условных обозначений вместе с номером ГОСТа, их количества и позиций на сборочном чертеже).

Текстовые документы, к коим относятся описания технических условий, паспорта, расчеты, пояснительные записки, инструкции, оформляются согласно ГОСТ 2.105–95. Рукописные текстовые документы должны быть оформлены чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304 с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Цифры и буквы необходимо писать четко черной тушью. Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк – не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм. Абзацы в тексте начинают отступом 15-17 мм.

Первый лист текстового документа, содержащего расчёт резьбовых соединений, следует оформлять на бумаге формата А4 с основной надписью 40 мм. Последующие листы оформляют на формате А4 с основной надписью 15 мм.

При выполнении текстовых листов с расчётами рекомендуется:

- а) излагать материал во множественном числе, например, «определяем», «выбираем», «принимаем» и т. п.;
- б) материал разделять на пункты, пронумерованные цифрами, например «1 Расчёт соединения болтом», «2 Расчёт соединения шпилькой», «3 Расчёт соединения винтом»;
- в) переносы слов в заголовках не допускаются, точку в конце заголовка не ставят, расстояние между заголовком и последующим текстом должно быть порядка 10 мм;
- г) формулы нужно писать сначала в буквенных выражениях, затем в численных значениях всех входящих в формулу величин и только после этого вписывать окончательный результат вычислений с обязательным указанием единиц измерения.

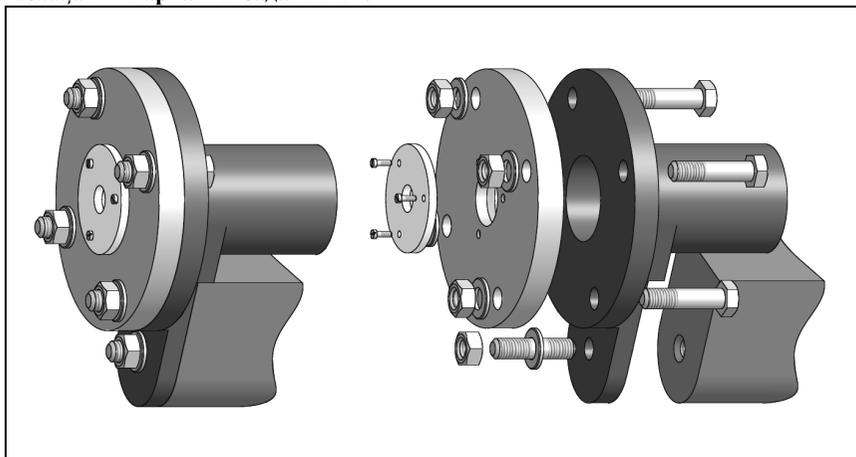
Текстовый документ в обязательном порядке должен содержать условия задания (что дано), ход вычислений и расчётов (если размеры конструктивных элементов крепёжных деталей получены расчётным методом), уточнённые справочные размеры с указанием использованных ГОСТов, условные обозначения выбранных на основании расчётов стандартных крепёжных деталей.

Документация, составляющая данную часть расчётно-графической работы, должна быть скреплена в следующем порядке:

- спецификация;
- сборочный чертёж;
- подробные изображения соединений болтом, шпилькой, винтом;
- текстовый документ, содержащий расчёты резьбовых соединений.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Таблица 3 – Варианты заданий 1–6



№ варианта	Соединение болтом			Соединение шпилькой			Соединение винтом		
	Толщина деталей		Диаметр стержня болта	Толщина детали t_1	Диаметр стержня шпильки	Материал	Толщина детали t	Диаметр стержня винта	Форма головки винта
	m	n							
1	16	16	8	20	12	Чугун	5	3	Полукруглая
2	20	25	12	14	8	Бронза	7	5	Цилиндрическая
3	20	12	10	16	10	Лёгкий сплав	6	4	Полукруглая
4	25	20	12	20	16	Чугун	7	4	Полупотайная
5	32	14	16	25	16	Сталь	6	5	Цилиндрическая
6	36	12	16	32	20	Лёгкий сплав	8	4	Потайная

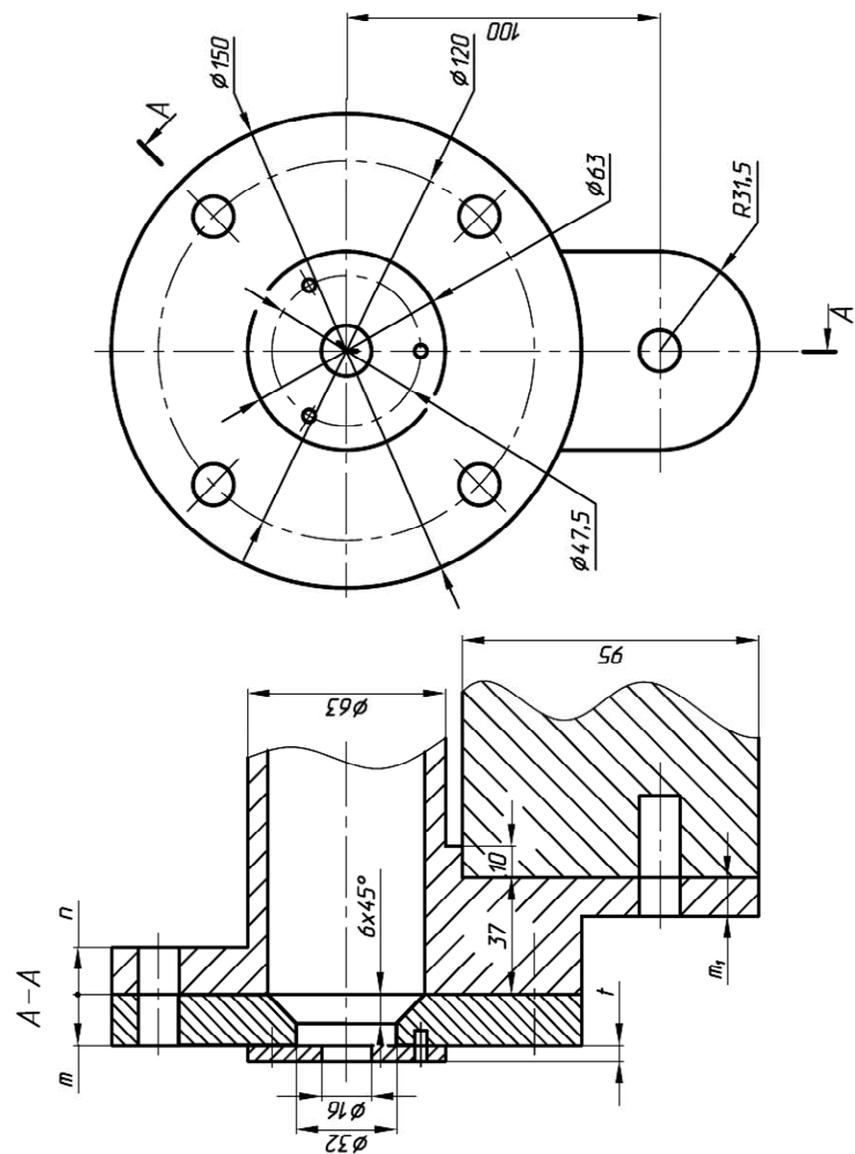
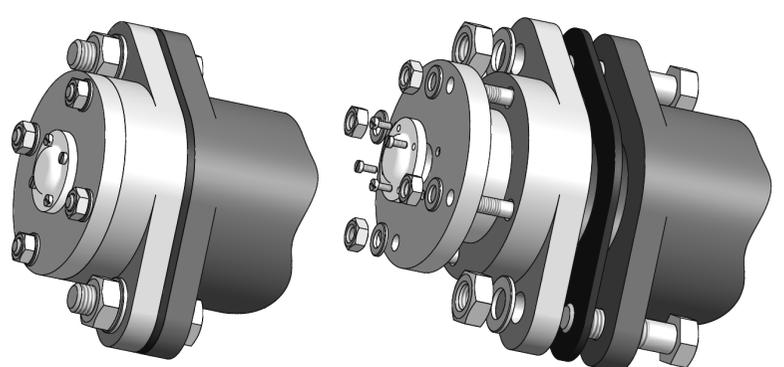


Таблица 4 – Варианты заданий 7 – 12



№ варианта	Соединение болтом			Соединение шпилькой			Соединение винтом			
	Толщина деталей			Толщина детали t_1	Диаметр стержня шпильки	Материал	Толщина детали t	Диаметр стержня винта	Форма головки винта	
	m	n	t							
7	16	25	5	12	8	8	Бронза	4	3,5	Полукруглая
8	20	20	2,5	10	10	6	Лёгкий сплав	5	4	Цилиндрическая
9	20	12	3	16	12	12	Чугун	4	3	Цилиндрическая
10	25	16	2,5	16	20	16	Титановый сплав	7	6	Потайная
11	25	14	4	8	16	10	Латунь	6	4	Потайная
12	32	12	1	20	10	10	Сталь	6	5	Полупотайная

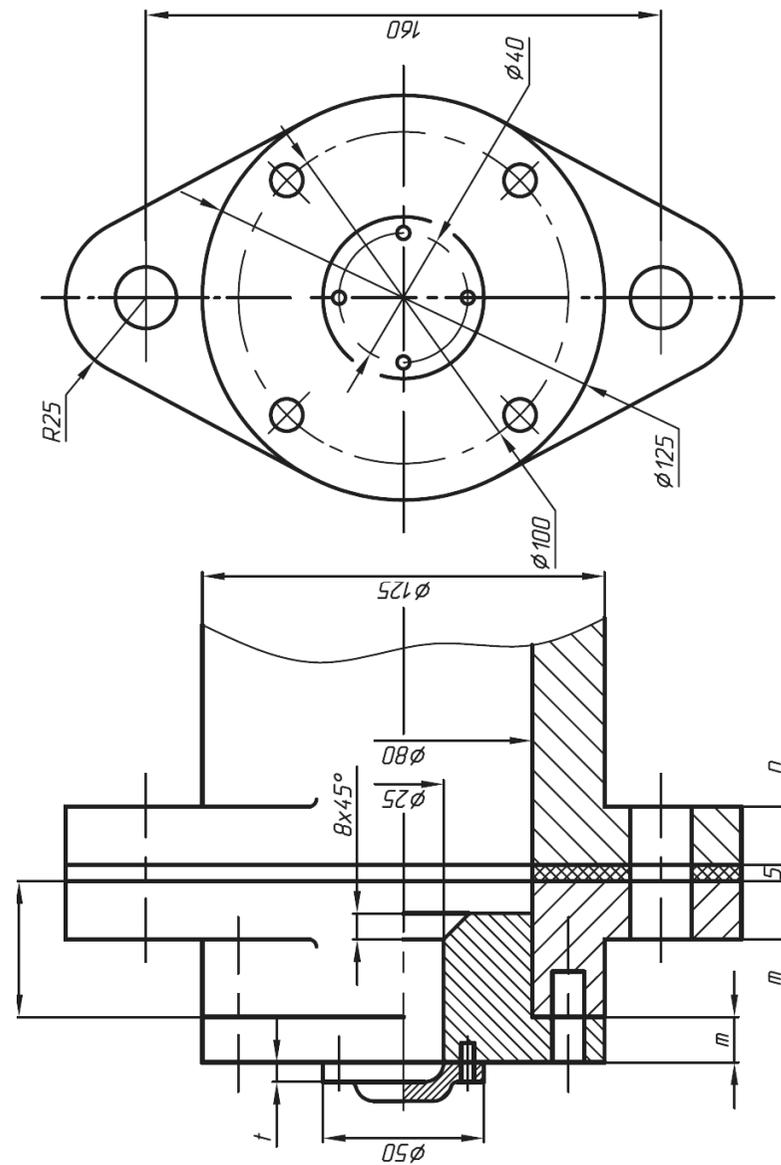
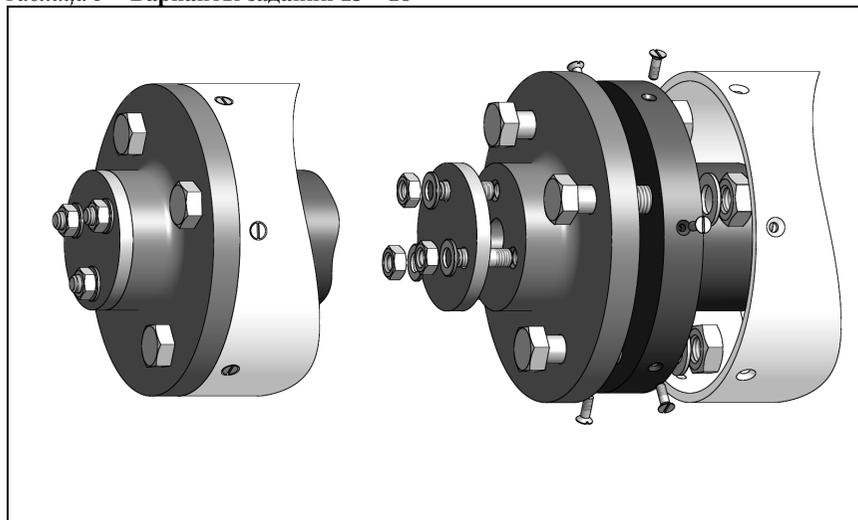


Таблица 5 – Варианты заданий 13 – 18



№ варианта	Соединение болтом		Соединение шпилькой			Соединение винтом			
	Толщина деталей		Толщина детали t_1	Диаметр стержня шпильки	Материал	Толщина детали t	Диаметр стержня винта	Форма головки винта	
	m	n							Диаметр болта
13	16	25	10	8	6	Бронза	7	6	Потайная
14	20	20	8	10	8	Лёгкий сплав	5	4	Потайная
15	20	12	12	12	14	Чугун	4	3	Полукруглая
16	25	16	16	20	16	Титановый сплав	6	4	Потайная
17	25	14	12	16	14	Латунь	4	3	Потайная
18	32	14	20	10	12	Сталь	4	4	Полупотайная

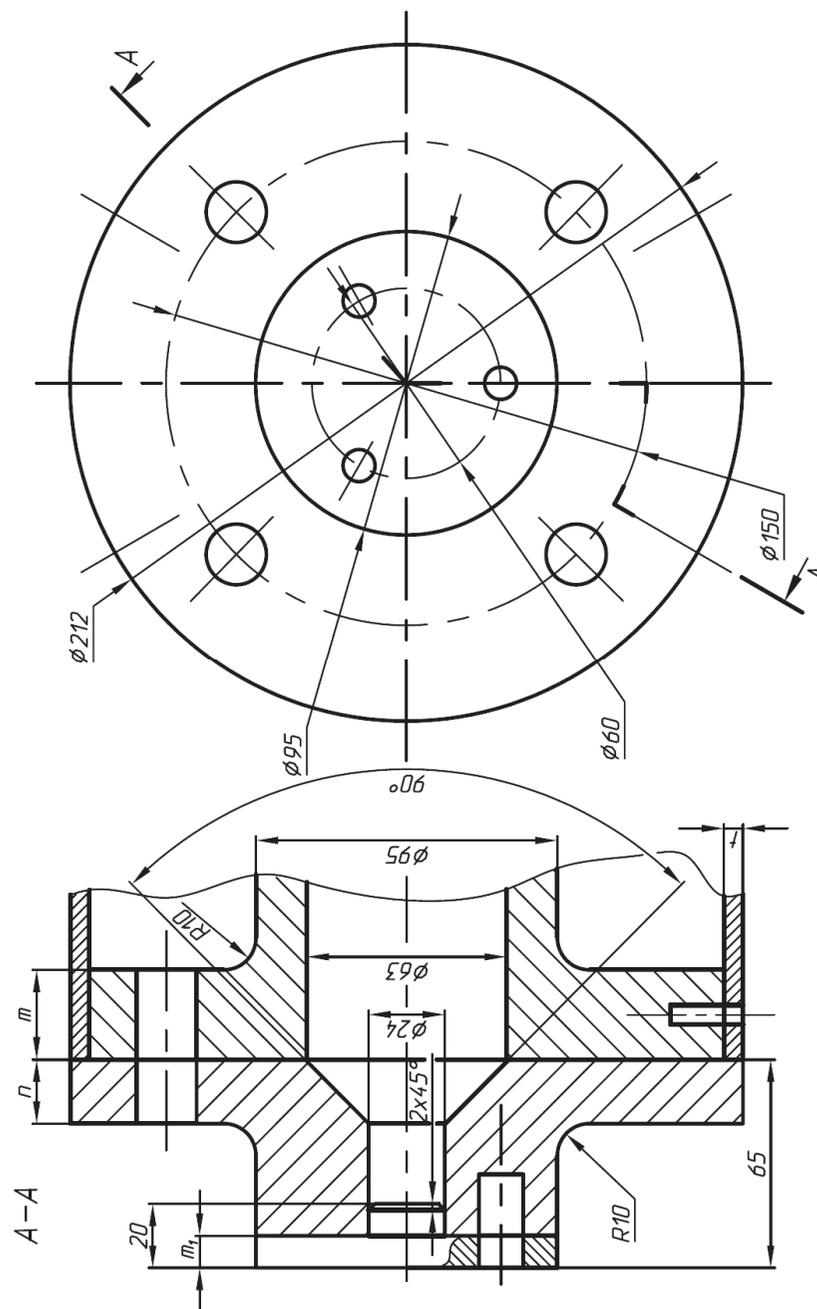
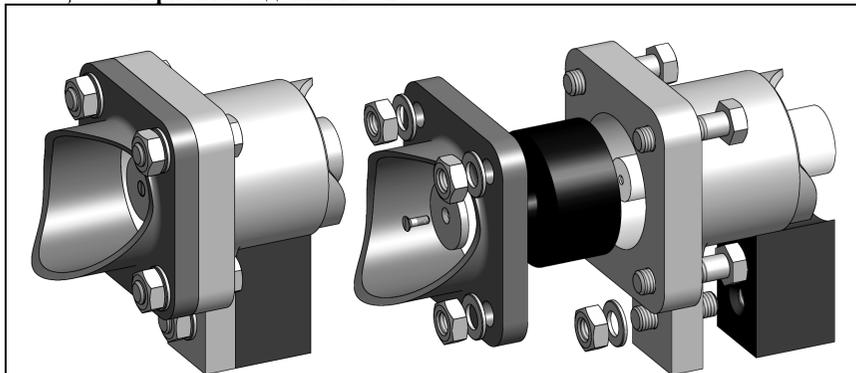


Таблица 6 – Варианты заданий 19 – 26



№ варианта	Соединение болтом		Соединение шпилькой			Соединение винтом			
	Толщина деталей		Толщина детали t_1	Диаметр стержня шпильки	Материал	Толщина детали t	Диаметр стержня винта	Форма головки винта	
	m	n							болта
19	12	20	8	30	20	Бронза	2,5	2	Цилиндрическая
20	14	20	10	28	16	Лёгкий сплав	2,5	2,5	Полукруглая
21	16	22	8	26	24	Титановый сплав	3,2	3	Полукруглая
22	18	22	16	25	20	Сталь	4,0	3,5	Полупотайная
23	20	25	12	24	16	Бронза	5,0	4	Потайная
24	22	28	20	22	12	Лёгкий сплав	6,3	4	Потайная
25	16	32	16	32	16	Чугун	3,0	2,5	Полупотайная
26	10	40	12	24	16	Чугун	3,0	2,5	Потайная

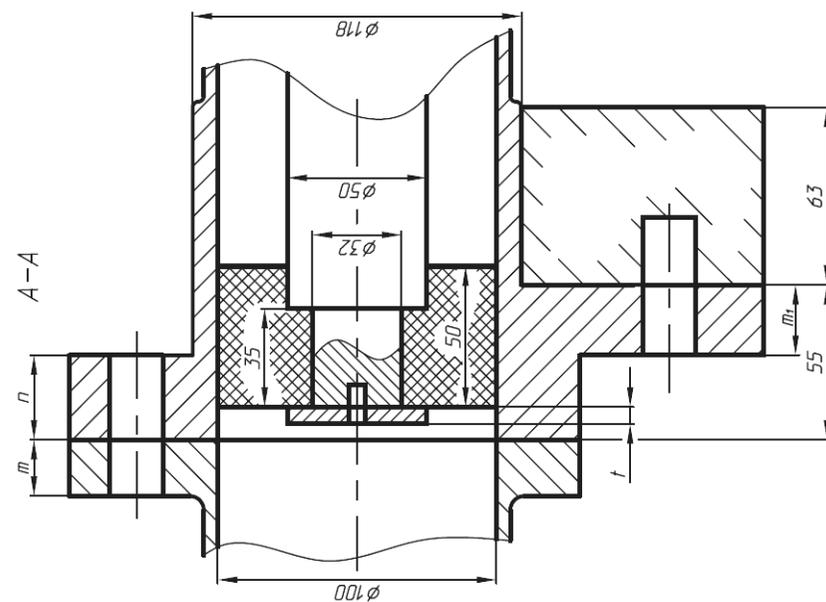
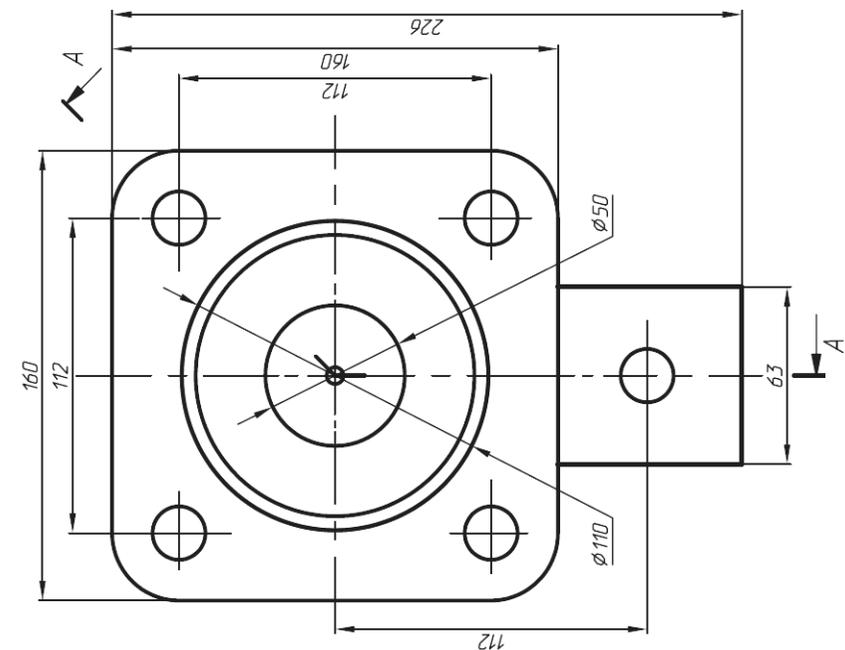
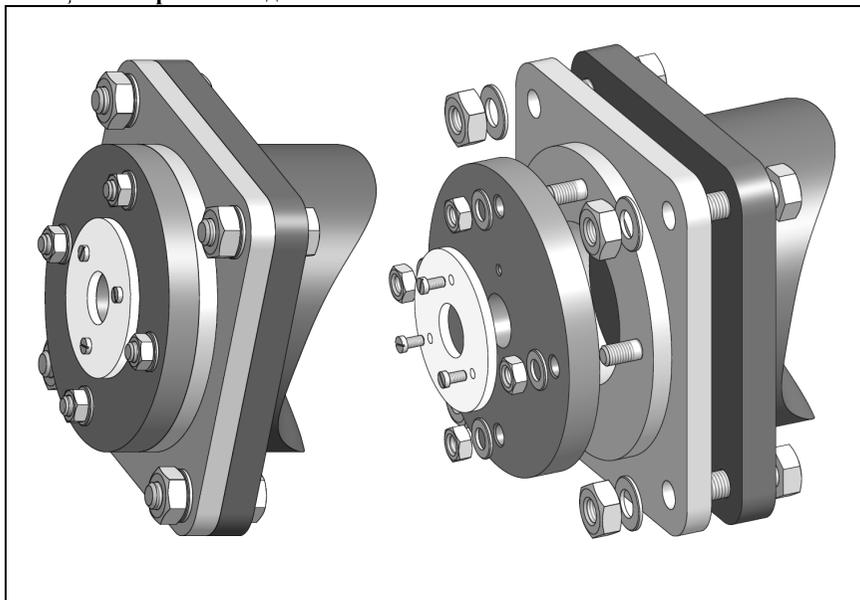
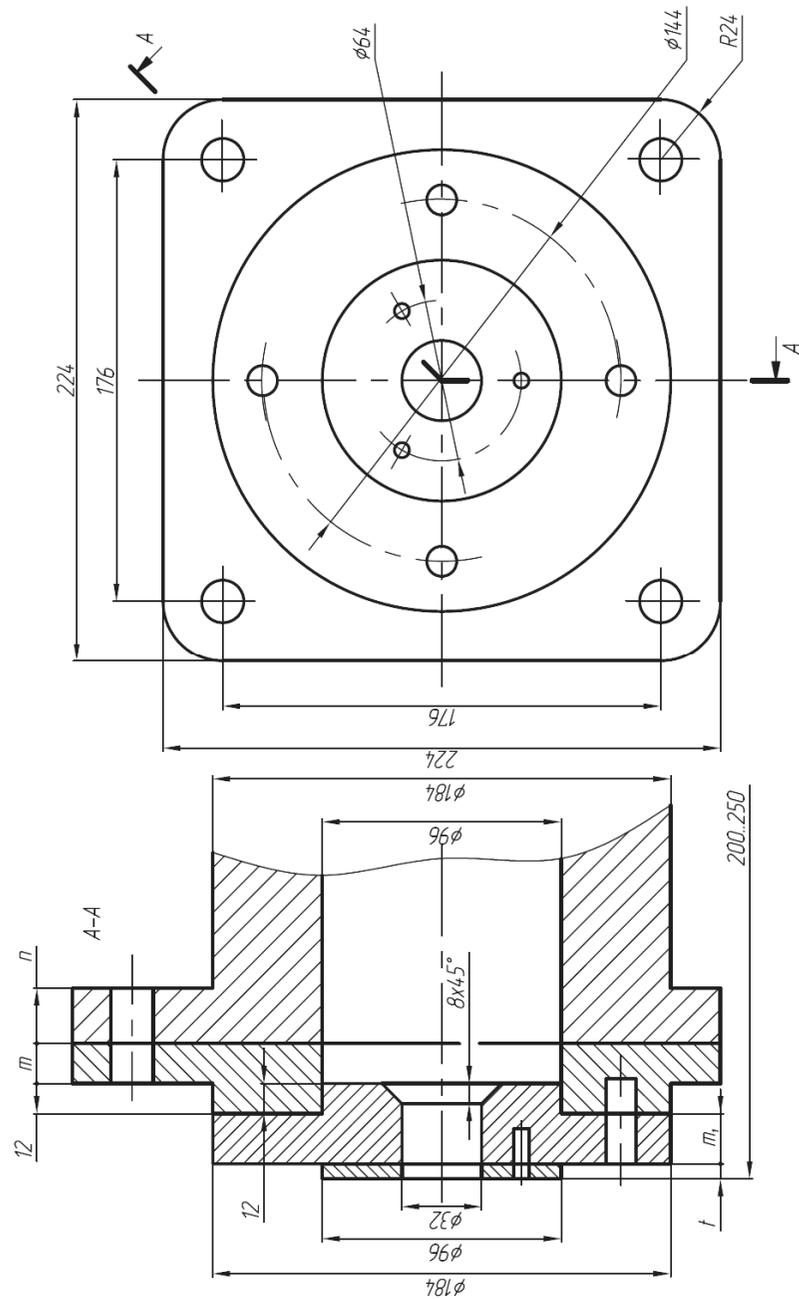
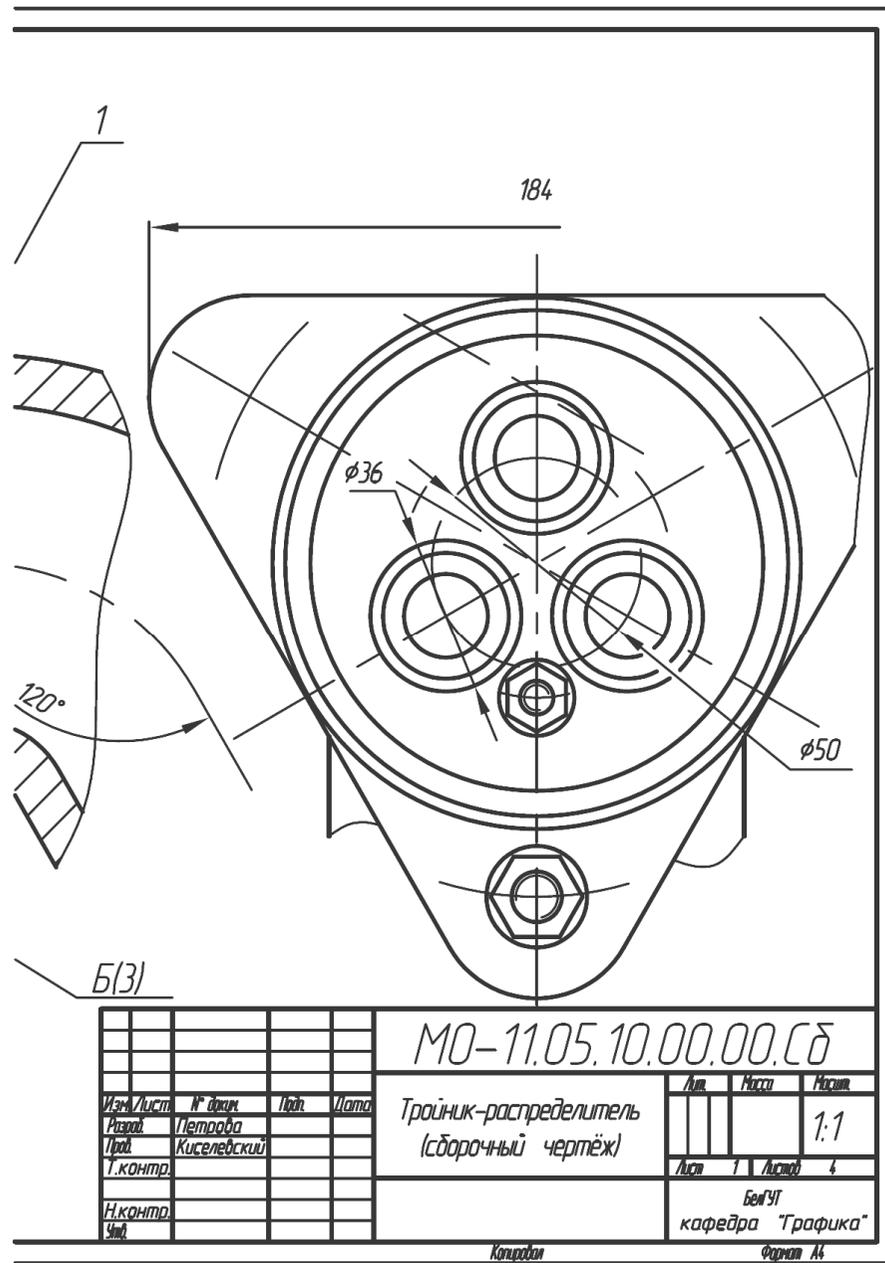
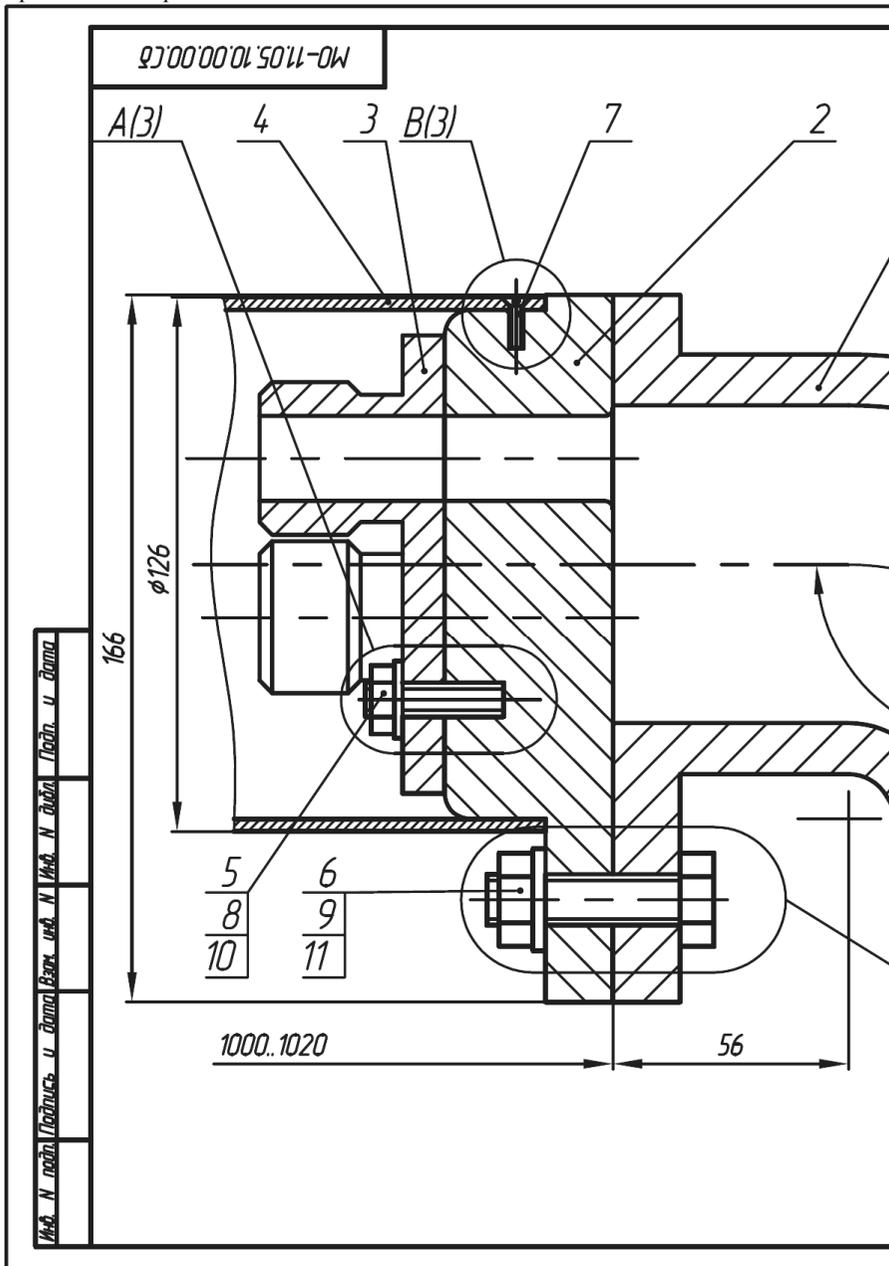


Таблица 7 – Варианты заданий 27 – 34

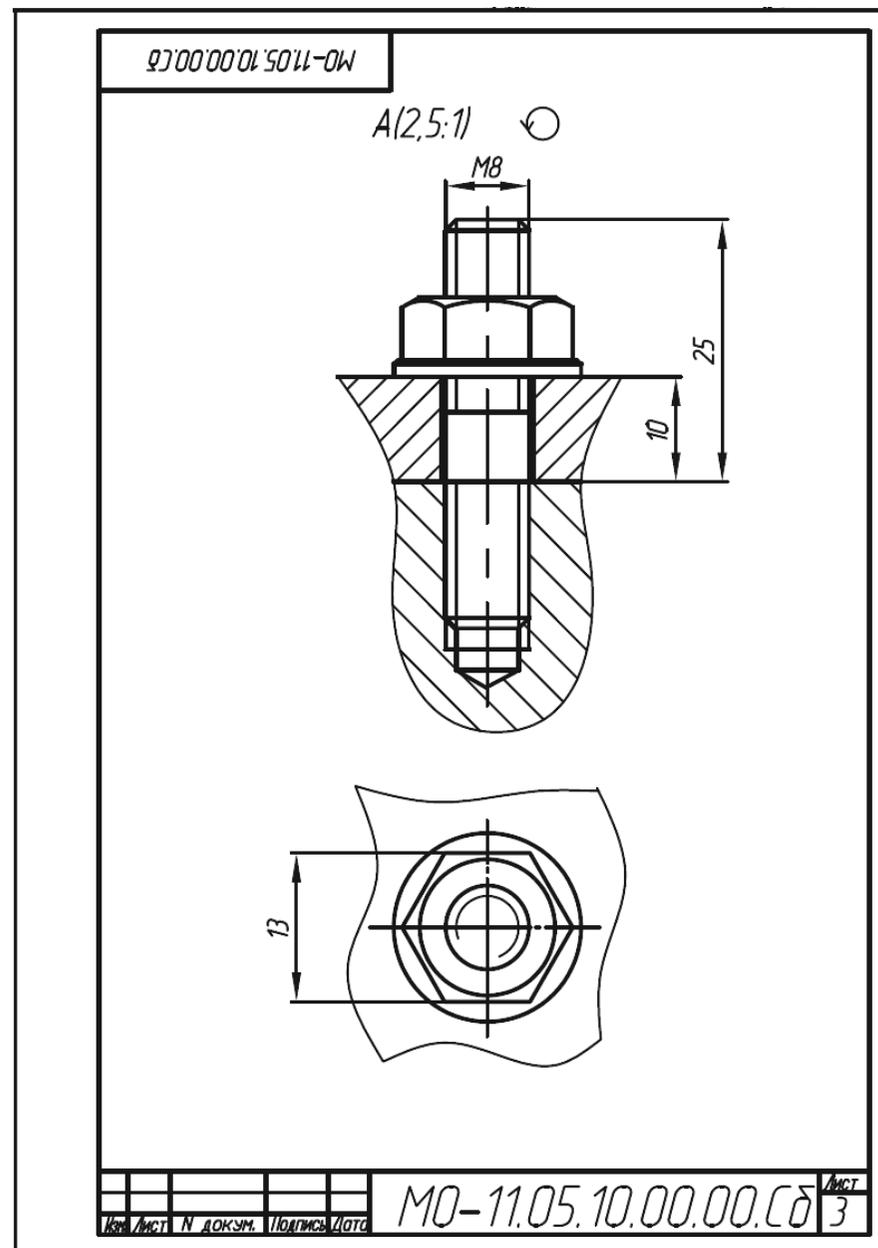
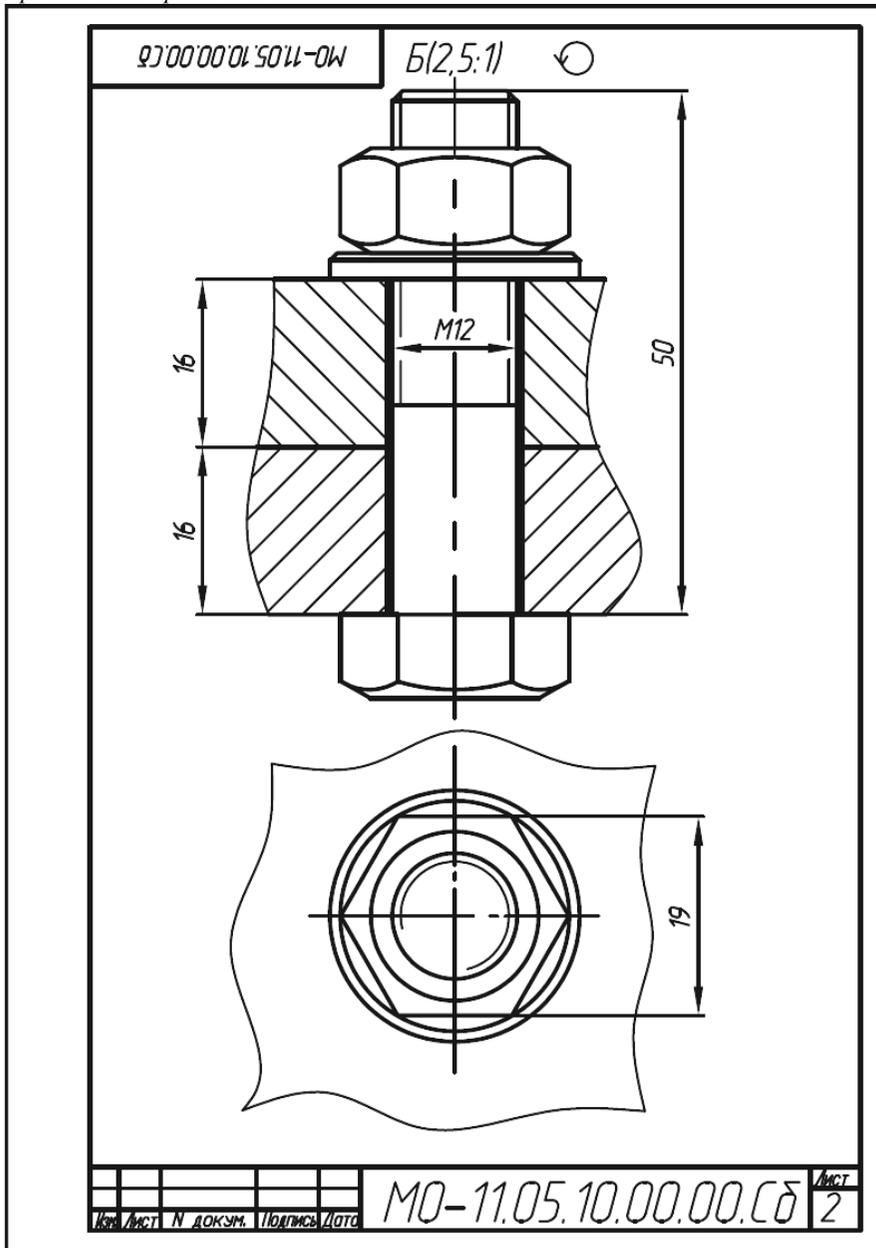


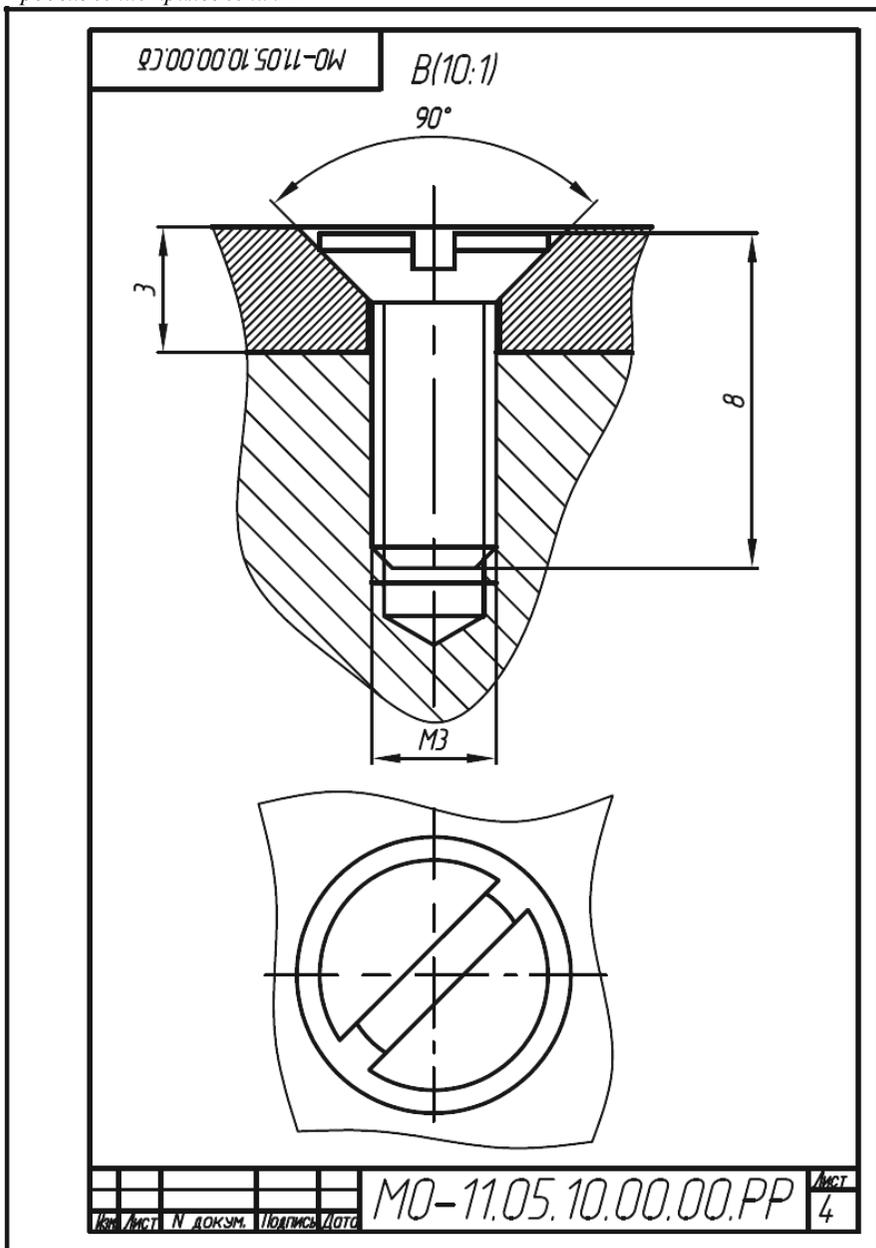
№ варианта	Соединение болтом		Соединение шпилькой			Соединение винтом		
	Толщина детали	Диаметр стержня болта	Толщина детали	Диаметр стержня шпильки	Материал	Толщина детали	Диаметр стержня винта	Форма головки винта
	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>m₁</i>			<i>t</i>		
27	16	12	12	10	Сталь	2	7	Цилиндрическая
28	18	14	14	10	Чугун	2	6	Полукруглая
29	20	16	16	12	Титановый сплав	2,5	5	Цилиндрическая
30	20	18	18	16	Сталь	2,5	4	Полукруглая
31	22	20	16	12	Чугун	3	3	Полукруглая
32	22	18	12	8	Лёгкий сплав	3	2	Потайная
33	25	16	14	10	Лёгкий сплав	4	3	Полупотайная
34	28	14	10	10	Лёгкий сплав	5	4	Потайная





				МО-11.05.10.00.00.СД		
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Тройник-распределитель (сборочный чертёж)	Лист	Масштаб
Испол.	Петрова				1	1:1
Проф.	Киселевский				Листов	4
Т.контр.					БелГУТ кафедра "Графика"	
И.контр.				Копирдан		Формат А3
Умб.						





Расчёт соединения болтом

Дано:

- толщина скрепляемых деталей $t=16$, мм; $n=16$, мм;
- диаметр стержня болта $d=12$, мм.

- Диаметр окружности, описанной вокруг шестигранника:
 $D=2d=2 \cdot 12=24$, мм
 по ГОСТ 7798-70 D не менее 19,9, мм.
- Внутренний диаметр резьбы на болте:
 $d_1=0,85d=0,85 \cdot 12=10,2$, мм, по ГОСТ 9150-81 для резьбы М12 с крупным шагом $d_1=10,106$, мм.
- Высота головки болта:
 $h=0,7d=0,7 \cdot 12=8,4$, мм, по ГОСТ 7798-70 $h=8 \pm 0,29$, мм.
- Высота гайки:
 $H=0,8d=0,7 \cdot 12=9,6$, мм, по ГОСТ 5915-70 $H=10 \pm 0,9$, мм.
- Диаметр шайбы:
 $D_{ш}=2,2d=2,2 \cdot 12=26,4$, мм, по ГОСТ 11371-78 $D_{ш}=24$, мм.
- Высота шайбы:
 $S_{ш}=0,15d=0,15 \cdot 12=1,8$, мм, по ГОСТ 11371-78: $S_{ш}=2,5$, мм.
- Диаметры отверстий в скрепляемых деталях выбираем по ГОСТ 11284-75 $d_n=13$, мм.
- Длину болта рассчитаем по формуле:
 $l=t+n+S_{ш}+H+k$, где $k>2P=2 \cdot 1,75=3,5$, мм - длина свободного конца.
 $l>16+16+2,5+10+3,5=48$, мм,
 Уточнённое значение длины болта по ГОСТ 7798-70
 $l=50$, мм.

MO-11.05.10.00.00.PP			
Изм/Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разработ	Петрова		
Проект	Киселевский		
Начитр.			
Утв.			
Расчёт резьбовых соединений		Лит.	Лист Листов
			1 4
		БелГУТ кафедра "Графика"	

Длина резьбовой части стержня болта по ГОСТ 7798-70 $l_0=30$, мм.

9 Размер под ключ болта и гайки по ГОСТ 7798-70 и ГОСТ 5915-70 $S=19$, мм.

Расчёт соединения шпилькой

Дано:

-толщина детали $t_1=10$, мм;

-диаметр стержня шпильки $d=8$, мм;

-материал - Чугун СЧ15-32 ГОСТ1412-85.

1 Диаметр окружности, описанной вокруг шестигранника:

$$D=2d=2 \cdot 8=16, \text{ мм}$$

по ГОСТ 5915-70 D не менее 14,2, мм.

2 Внутренний диаметр резьбы на шпильке:

$d_1=0,85d=0,85 \cdot 8=6,8$, мм, по ГОСТ 9150-81 для резьбы М8 с крупным шагом $D_1=6,647$, мм.

3 Высота гайки:

$$H=0,8d=0,7 \cdot 8=5,6, \text{ мм, по ГОСТ 5915-70 } H=6,5 \pm 0,9, \text{ мм.}$$

4 Диаметр шайбы:

$$D_{ш}=2,2d=2,2 \cdot 8=17,6, \text{ по ГОСТ 11371-78: } D_{ш}=16, \text{ мм.}$$

5 Высота шайбы:

$$S_{ш}=0,15d=0,15 \cdot 8=1,2, \text{ мм, по ГОСТ 11371-78: } S_{ш}=1,6, \text{ мм.}$$

6 Диаметр отверстия в прикрепляемой детали выбираем по ГОСТ 11284-75 $d_n=9$, мм.

7 Длину шпильки рассчитаем по формуле:

$l=t_1+S_{ш}+H+k$, где $k>2P=2 \cdot 1,25=2,5$, мм - длина свободного конца;

$$l>10+1,6+6,5+2,5=20,6, \text{ мм;}$$

Уточнённое значение по ГОСТ 22032-76 $l=25$, мм.

№	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	МО-11.05.10.00.00.PP	Лист	2
---	------	----------	---------	------	----------------------	------	---

8 Длина ввинчиваемого конца для детали из чугуна $l_1=1,6d=1,6 \cdot 8=12,8$, мм.

Уточнённое значение по ГОСТ 22032-76 $l_1=14$, мм.

9 Длину заечного конца рассчитаем по формуле

$$l_0=l-0,5d-2P, \quad l_0=25-0,5 \cdot 8-2 \cdot 1,25=18,5, \text{ мм.}$$

10 Глубина отверстия под ввинчиваемый конец:

$$l_2=l_1+0,5d=14+0,5 \cdot 8=18, \text{ мм.}$$

Глубина резьбы в отверстии:

$$l_3=l_1+0,25d=14+0,25 \cdot 8=16, \text{ мм.}$$

11 Размер под ключ гайки по ГОСТ 5915-70 $S=13$, мм.

Расчёт соединения винтом

Дано:

-толщина детали $t=3$, мм;

-диаметр стержня винта $d=3$, мм;

-форма головки винта - потайная;

-материал - Чугун СЧ15-32 ГОСТ1412-85.

1 Диаметры отверстия в детали выбираем по

ГОСТ11284-75 $d_0=3,2$, мм.

2 Длина ввинчиваемого конца для детали из чугуна

$$l_1=1,6d=1,6 \cdot 3=4,8, \text{ мм.}$$

3 Глубина отверстия под ввинчиваемый конец:

$$l_2=l_1+0,5d=4,8+0,5 \cdot 3=6,3, \text{ мм;}$$

Глубина резьбы в отверстии.

$$l_3=l_1+0,25d=4,8+0,25 \cdot 3=5,5, \text{ мм.}$$

4 Длину винта рассчитаем по формуле

$$l=t+l_1=3+4,8=7,8, \text{ мм, уточнённое значение}$$

по ГОСТ 17475-80 $l=8$, мм.

№	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	МО-11.05.10.00.00.PP	Лист	3
---	------	----------	---------	------	----------------------	------	---

5 Стандартные размеры винта выбираем по ГОСТ 17475-80.

6 Стандартные размеры опорных поверхностей зенкованного под потайную головку отверстия выбираем по ГОСТ 12867-67.

№	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	МО-11.05.10.00.00.РР	Лист
						4

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Чекмарёв, А.А.** Справочник по машиностроительному черчению / А.А. Чекмарёв, В.К. Осипов. – М.: Высш. шк., 2002. – 493 с.
- 2 **Левицкий, В.С.** Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей / В.С. Левицкий. – М.: Высш. шк., 1998. – 423 с.
- 3 **Федоренко, В.А.** Справочник по машиностроительному черчению / В.А. Федоренко, А.И. Шошин. – Л.: Машиностроение, 1974. – 304 с.
- 4 **Анурьев, В.И.** Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / В.И. Анурьев. – Л.: Машиностроение, 2001. – Т.1. – 920 с.
- 5 **ГОСТ 2.301-68 – 2.319-81 ЕСКД.** Общие правила выполнения чертежей. – Введ. 1971-01-01. – М., 1985. – 223 с.
- 6 **ГОСТ 2.001-70 – 2.121-73 ЕСКД.** Основные положения. – Введ. 1971-01-01. – М., 1975. – 689 с.
- 7 **ГОСТ 8724-81.** Резьба метрическая. Диаметры и шаги. – М., 2005. – 12 с.
- 8 **ГОСТ 9150-81.** Резьба метрическая. Профиль. – М., 2005. – 9 с.
- 9 **ГОСТ 24705-2004 (ИСО 724.1993)** Резьба метрическая. Основные размеры. – М.: Стандартинформ, 2006. – 16 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Историческая справка	3
Винтовые поверхности	4
Образование резьбы	6
Изображение резьбы	8
Классификация резьб	10
Обозначение резьб	14
Стандартные крепёжные детали с резьбой	16
Расчёт и изображение соединений резьбовыми крепёжными деталями	20
Общие сведения о правилах оформления сборочных чертежей и документации	25
Варианты заданий	28
Вопросы для самоконтроля и подготовки к защите РГР	38
Приложение А	39
Список рекомендуемой литературы	49

Учебное издание

КИСЕЛЕВСКИЙ Олег Сергеевич

Резьбовые соединения

Учебно-методическое пособие
по выполнению расчётно-графической работы
для студентов механических специальностей

Редактор Н.А. Дашкевич
Технический редактор В.Н. Кучерова

Подписано в печать .2012 г. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага газетная. Гарнитура Times. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,55. Тираж 300 экз.
Зак. № . Изд. № 93

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный университет транспорта:
ЛИ №02330/0552508 от 09.07.2009 г.
ЛП №02330/0494150 от 03.04.2009 г.
246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.