Ув. студенты! Ознакомиться с семинарским занятием и ответить на контрольные вопросы письменно. Ответы на контрольные вопросы предоставить до **15.02** на электронный адрес преподавателя vika-lnr@mail.ru

Если возникнут вопросы обращаться по телефону 072-106-54-33

Семинарское занятие

Рассмотрение примеров полной и частичной взаимозаменяемости

Цель занятия: получить первоначальные сведения об основных понятиях взаимозаменяемости, а также практические навыки определения системы посадки сопрягаемых деталей и расчёта её основных параметров (зазоров и натягов).

Содержание занятия:

1.Номер практического занятия, тема, цель.
2. Изучить теоретические сведения.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Литература:

1. Болдин Л. А. Основы взаимозаменяемости и стандартизации в машиностроении М. «Машиностроение» 1984
2. Козловский Н.С., Виноградов А. Н. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения М. «Машиностроение» 1982
3. Козловский Н. С., Ключников В. М. Сборник задач Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения М. «Машиностроение» 1983
4. Мельников В. Г., Казанов Л. С. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения М. «Высшая школа» 1978
5. Первушин Е. А. Ремонт мер и измерительных приборов Л. «Машиностроение» 1974
6. Мягков В. Д., Палей М. А. Справочник (1том) Допуски и посадки Л. «Машиностроение» 1982
7. Мягков В. Д., Палей М. А. Справочник (2том) Допуски и посадки Л. «Машиностроение» 1982
8. Якушев А. И. Взаимозаменяемость стандартизация и технические измерения М. «Машиностроение» 1979

Теоретическая часть

Один из главных принципов, используемых конструктором для разработки и изготовления всех машин и их деталей, – это принцип *взаимозаменяемости.*

Взаимозаменяемостью называется свойство независимо изготовленных деталей, узлов или агрегатов машин, позволяющее устанавливать их при сборке или ремонте или заменять без всякой подгонки или дополнительной обработки и обеспечивать при этом их необходимую работоспособность в соответствии с заданными техническими условиями. Под независимым изготовлением деталей понимается их изготовление в разное время и разных местах (цехах, заводах, городах, даже странах). С примерами взаимозаменяемости мы встречаемся повседневно. Гаечный ключ должен накладываться на головку болта или гайку, винт – ввёртываться в отверстие с резьбой, цоколь электролампочки – ввёртываться в патрон, вилка электрошнура – входить в штепсельную розетку, целые агрегаты (например, двигатели автомобилей), изготовленные в разных городах, – собираться в единое изделие на конвейере главного завода.

Потребность во взаимозаменяемости возникла очень давно, но наибольшее развитие она получила с развитием металлообработки, особенно в условиях массового, а в последнее время – автоматизированного производства. Соблюдение взаимозаменяемости обеспечивает упрощение сборки и ремонта, облегчает процесс конструирования – конструктору не нужно каждый раз придумывать оригинальные решения, гораздо удобнее использовать уже опробованные и проверенные. Специализация, в свою очередь, удешевляет производство: имеется возможность использовать не универсальное, а специальное оборудование, обладающее высокой производительностью.

Взаимозаменяемость бывает полной и неполной.

Полная взаимозаменяемость позволяет получать заданные показатели качества без дополнительных операций в процессе сборки. При неполной взаимозаменяемости в процессе сборки допускаются операции, связанные с подбором или регулировкой некоторых деталей.

Для обеспечения взаимозаменяемости необходимо процессы конструирования машин, обработки деталей и сборки узлов осуществлять в соответствии с установленными правилами и нормами, указанными в стандартах.

Для обеспечения наивысшей эффективности проведения важных работ общегосударственного значения разрабатываются взаимоувязанные стандарты, объединяемые в единые комплексные системы.

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) устанавливает порядок разработки, оформления, учёта, хранения, размножения, изменения чертежей и другой конструкторской документации, разрабатываемой предприятиями и организациями; обеспечивает взаимный обмен конструкторской документацией без каких-либо переделок, благодаря

обязательным правилам оформления и соблюдения комплексности документации.

Единая система технологической документации (ЕСТД) устанавливает обязательный порядок разработки, оформления и обращения всех видов технологической документации на машинных приборостроительных предприятиях для изготовления, транспортирования, установки (монтажа) и ремонта изделий этих предприятий. На основе технологической документации осуществляют планирование, подготовку и организацию производства, устанавливают связи между отделами и цехами предприятий, а также между исполнителями (конструктором, технологом, мастером, рабочим). Технологическая документация начинает создаваться уже на стадии проектирования; на ней базируется изготовление, эксплуатация и ремонт изделий.

Линейные размеры, отклонения и допуски линейных размеров

Линейный размер – числовое значение линейной величины (диаметра, длины) в выбранных единицах измерения. В России линейные размеры на чертежах проставляются в миллиметрах (мм).

Размер, полученный конструктором в результате расчётов (на прочность, жёсткость) или с учётом различных конструкторских или технологических соображений при проектировании, называется номинальным.

Номинальные размеры могут быть как целыми, так и дробными числами. На чертеже в качестве номинального линейного размера указывается только такой размер, который после расчёта округлён до ближайшего большего значения из установленного ряда нормальных линейных размеров.

Размер, полученный в результате изготовления и обработки детали, будет отличаться от номинального. Это связано с неизбежным возникновением различных погрешностей. Такой размер называется действительным.

Действительный размер – размер, установленный измерением с допустимой погрешностью. Допустимые погрешности измерения, а, следовательно, и выбор измерительных средств необходимо согласовывать с точностью, которая требуется для данного размера.

Для обеспечения функциональной годности детали, исходя из целого ряда факторов, после расчёта номинального размера устанавливаются два предельных размера – наибольший и наименьший. Это предельно допустимые размеры, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер годной детали.

На чертеже, в дополнение к номинальному размеру, проставляют его

предельные отклонения – верхнее и нижнее. Верхнее отклонение (Es, es) – это алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами. Нижнее отклонение (Ei, ei) – это алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами. Определение отклонений как алгебраической разности числовых величин означает, что они всегда имеют знак: плюс (+) или минус (–).

Исходя из вышесказанного номинальный размер – размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит началом отсчёта всех отклонений, как предельных (верхнего и нижнего), так и действительных. *Действительное отклонение* – это алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами.

Зона значений размеров, между которыми должен находиться действительный размер годной детали, характеризует точность размера и называется допуском. Обозначается буквой Т. Допуск – это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами, или алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями. Допуск, в отличие от отклонений, знака не имеет.

Расчёт предельных размеров. Наибольший предельный размер получится, если из номинального размера вычесть верхнее отклонение: 38 – 0,050 = 37,950 мм. Наименьший предельный размер получится, если из номинального размера вычесть нижнее отклонение: 38 – 0,089 = 37,911 мм. Значит, если при изготовлении указанной детали действительный размер окажется между 37,950 мм и 37,911 мм или равен им, то деталь будет годной.

Расчёт допуска производится следующим образом: 37,95 – 37,911 = 0,039 мм или –0,050 – (–0,089) = 0,039 мм. Таким образом, допуск 0,039 мм (или соответственно 39 мкм) означает, что в партии годных деталей могут быть детали, размеры которых отличаются друг от друга не более чем на 39 мкм.

Чем больше допуск, тем ниже требования к точности обработки детали, тем проще её изготовление. И наоборот, уменьшение допуска означает большую точность, требуемую при изготовлении детали, и соответственно её удорожание.

На рис. 1 и 2 все рассмотренные понятия представлены графически. Всё многообразие конкретных деталей принято сводить к двум элементам. Наружные (охватываемые) элементы называют валом, а внутренние (охватывающие) – отверстием.

Номинальный, наибольший предельный, наименьший предельный и действительный размеры вала, а также допуск вала обозначаются соответственно d, dmax, dmin, dд, Td, аналогичные размеры отверстия – D, Dmax, Dmin, Dд, TD.

Построение всех схем начинается с проведения нулевой линии – горизонтальной линии, соответствующей номинальному размеру, от которой откладываются отклонения размеров (вверх – со знаком плюс, вниз – со знаком минус).

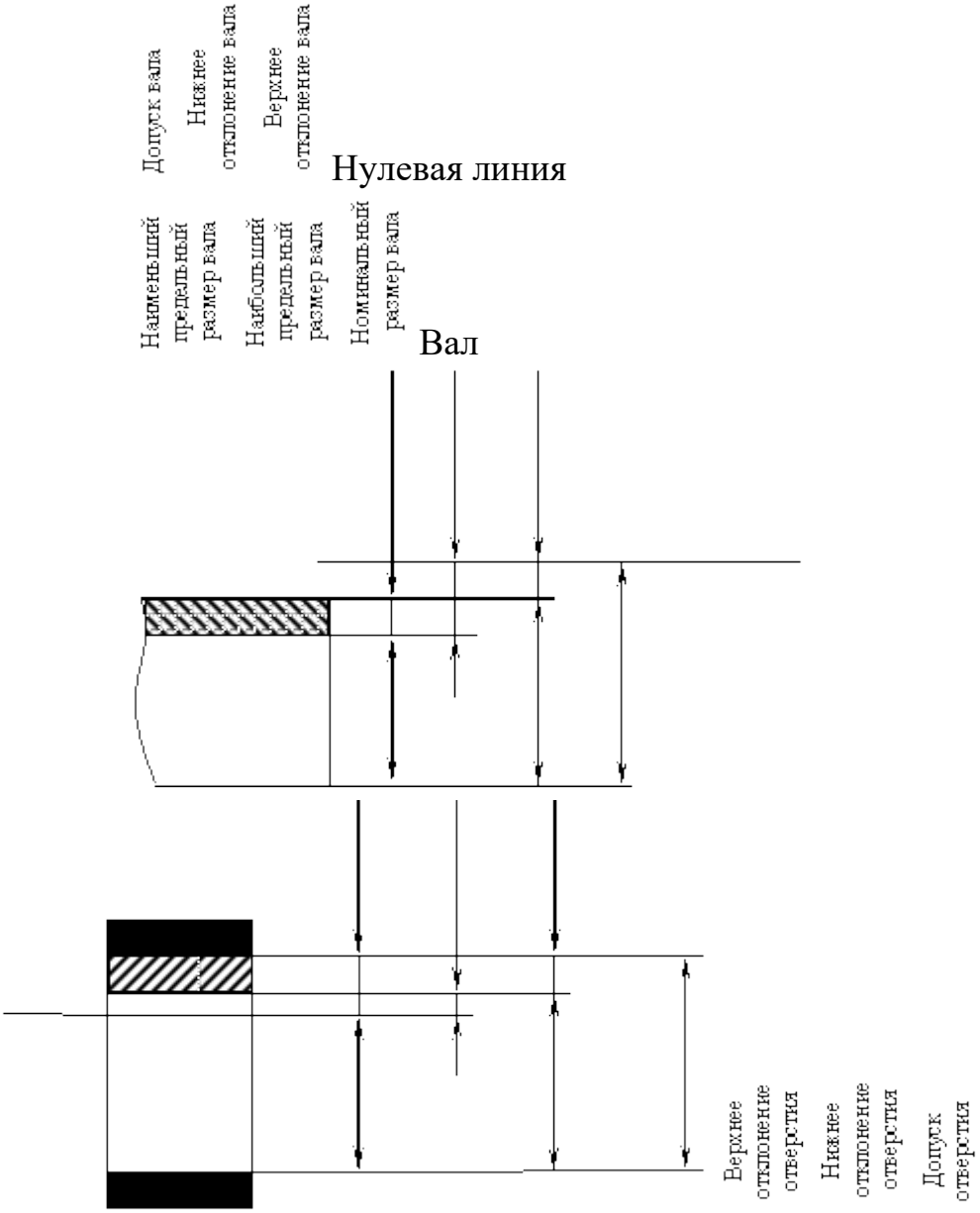


Рис. 1. Графическое изображение размеров и отклонений вала

Нулевая линия

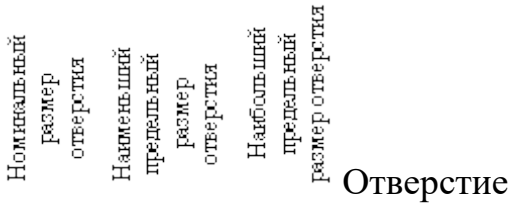


Рис. 1. Графическое изображение размеров и отклонений отверстия

Посадки

Все разнообразные машины, станки, приборы, механизмы состоят из взаимосоединяемых деталей. Конструкции соединений и требования к ним

могут быть различными. В зависимости от назначения соединения сопрягаемые детали машин и механизмов во время работы либо должны совершать относительно друг друга то или иное движение, либо, наоборот, сохранять относительно друг друга полную неподвижность.

Для обеспечения подвижности соединения нужно, чтобы действительный размер охватывающего элемента одной детали (отверстия) был больше действительного размера охватываемого элемента другой детали (вала). Разность действительных размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала, называется зазором.

Для получения неподвижного соединения действительный размер охватываемого элемента одной детали (вала) должен быть больше действительного размера охватывающего элемента другой детали (отверстия). Разность действительных размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размеров отверстия, называется натягом. После сборки размеры вала и отверстия при образовании натяга будут одинаковы, так как при сборке детали деформируются, чем и обеспечивается неподвижность соединения.

Технологический процесс сборки соединения с натягом осуществляется либо запрессовкой с усилием вала в отверстие (при малых натягах), либо за счёт увеличения непосредственно перед сборкой размера отверстия путём нагрева (при больших натягах).

Сопряжение, образуемое в результате соединения отверстий и валов (охватывающих и охватываемых элементов деталей) с одинаковыми номинальными размерами, обычно называют посадкой. Более точно такое определение: посадка – это характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нём зазоров или натягов. Характер соединения зависит от действительных размеров сопрягаемых деталей перед сборкой, а номинальные размеры отверстия и вала, составляющих соединение, одинаковы.

Поскольку действительные размеры годных отверстий и валов в партии деталей, изготовленных по одним и тем же чертежам, могут колебаться между заданными предельными размерами, то, следовательно, и величина зазоров и натягов может колебаться в зависимости от действительных размеров сопрягаемых деталей. Поэтому различают наибольший и наименьший зазоры и соответственно наибольший и наименьший натяги.

Наибольший зазор Smax равен разности между наибольшим предельным размером отверстия Dmax и наименьшим предельным размером вала dmin: Smax = Dmax – dmin. Наименьший зазор Smin равен разности между наименьшим предельным размером отверстия Dmin и наибольшим

предельным размером вала dmax: Smin = Dmin – dmax.

Наибольший натяг Nmax равен разности между наибольшим предельным размером вала dmax и наименьшим предельным размером отверстия Dmin: Nmax = dmax – Dmin. Наименьший натяг Nmin равен разности между наименьшим предельным размером вала dmin и наибольшим предельным размером отверстия Dmax: Nmin = dmin – Dmax.

Наряду с посадками с гарантированным зазором или натягом возможен и такой вариант, когда предельные размеры сопрягаемых деталей не гарантируют получение в сопряжении только зазора или только натяга. Такие посадки называются переходными, в этом случае возможно получение как зазора, так и натяга, конкретный характер соединения будет зависеть от действительных размеров сопрягаемых годных отверстий и валов.

Посадки с гарантированным зазором используются в тех случаях, когда допускается относительное смещение деталей; посадки с гарантированным натягом – когда необходимо передавать усилие или вращающий момент без дополнительного крепления только за счёт упругих деформаций, возникающих при сборке сопрягаемых деталей.

Переходные посадки имеют небольшие предельные зазоры и натяги и поэтому их применяют в тех случаях, когда необходимо обеспечить центрирование деталей, т.е. совпадение осей отверстия и вала; при этом в соединении требуется дополнительное закрепление соединяемых деталей.

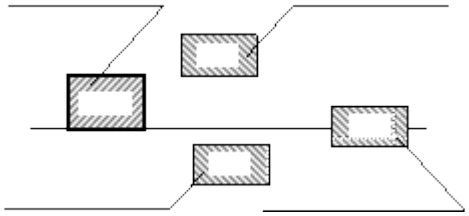
Посадки всех трёх групп с зазорами, с натягами, переходные с различными величинами наибольших и наименьших зазоров и натягов можно получать, изменяя положение полей допусков обеих сопрягаемых деталей – отверстия и вала. Но, очевидно, таких сочетаний может оказаться бесчисленное множество, что привело бы к невозможности централизованного изготовления мерного режущего инструмента (свёрл, зенкеров, развёрток), формирующего размер отверстия.

Гораздо удобнее в технологическом (при изготовлении) и эксплуатационном (при ремонте) отношениях получать разнообразные посадки, изменяя положение поля допуска только одной детали при неизменном положении поля допуска другой.

Способ образования различных посадок изменением только полей допуска валов при постоянных полях допуска отверстий называется системой отверстия. Деталь, у которой положение поля допуска является базовым и не зависит от требуемого характера соединения, называют основной деталью системы (в рассмотренном случае – отверстие). Аналогичные посадки могут быть получены по-иному, если за основную деталь принять вал, а для образования различных посадок изменять поля допусков отверстий. Такой способ образования посадок называется системой

вала.

Таким образом, посадки в системе отверстия – это посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием (рис. 3); посадки в системе вала – это посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом (рис. 4).



Поле допуска основного отверстия

Вал

Поле допуска вала для посадки с натягом

Отв.

0

Вал 0

Поле допуска вала для посадки с зазором

Вал

Поле допуска вала для переходной посадки

Рис. 3. Графическое изображение посадок в системе отверстия

Поле допуска основного вала

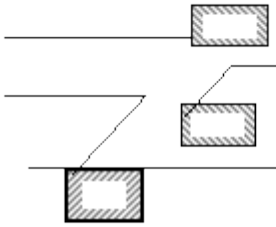
0

Вал

Поле допуска отв. для посадки с зазором

Отв.

Отв. 0



Поле допуска отв. для посадки с натягом

Отв.

Поле допуска отв. для переходной посадки

Рис. 4. Графическое изображение посадок в системе вала

В практике машиностроения предпочтение отдаётся системе отверстия, поскольку изготовить отверстие и измерить его значительно труднее и дороже, чем изготовить и измерить вал такого же размера с одинаковой точностью.

Квалитет

Квалитет – это совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров. Каждый

квалитет характеризуется определённым числом единиц допуска – таков был принцип составления стандарта на основе строгой закономерности изменения величины допуска с учётом номинального размера.

Для размеров от 1 до 500 мм установлено девятнадцать квалитетов: 01, 0 и с l-го по 17-й. С возрастанием номера квалитета допуск увеличивается, т.е. точность убывает. Для посадок предусмотрены квалитеты с 5-го по 12-й.

В ГОСТ 25346–82 приведены числовые значения допусков для каждого квалитета и с учётом номинальных размеров.

Допуски одинаковых размеров в разных квалитетах различны, т.е. квалитеты определяют различную точность одинаковых номинальных размеров. Назначение квалитета (а значит и допуска) конструктором и указание его на чертеже фактически задают технологию обработки деталей, так как различные способы обработки деталей обладают определённой экономически достижимой точностью.

Наиболее широко во всех отраслях машиностроения для ответственных сопряжении (посадок) применяются 6, 7-й квалитеты; в случае относительно больших зазоров и натягов – 8 – 10-й квалитеты; 11, 12-й квалитеты используются для грубых соединений.

Остальные квалитеты (чаще всего 12 – 14-й) используются для несопрягаемых элементов детали, в таких случаях размеры называют свободными.

Поля допусков отверстий и валов

Поле допуска определяет величину допуска и его положение относительно номинального размера, а взаимное расположение полей допусков сопрягаемых деталей характеризует тип посадки и величины наибольших и наименьших зазоров или натягов. Посадки могут образовываться как в системе отверстия, так и в системе вала.

Для образования посадок в ЕСДП СЭВ стандартизованы (независимо друг от друга) два параметра, из которых образуются поля допусков: ряды номинальных размеров и значения допусков в разных квалитетах, а также основные отклонения валов и отверстий для определения положения поля допуска относительно номинального размера (нулевой линии). Основное отклонение это отклонение, ближайшее к нулевой линии, характеризующее возможное минимальное отклонение размера при обработке от

номинального. Обозначается буквой латинского алфавита: прописной для отверстий (A, B, C, D и т.д.) и строчной для валов (a, b, c, d и т.д.).

Основными отклонениями служат: для валов a – h верхние отклонения -es; для отверстий A – H нижние отклонения +EI; для валов j – zc

нижние отклонения +ei; для отверстий J – ZC верхние отклонения – ES.

Основные отклонения валов при разработке ЕСДП СЭВ вычислены по эмпирическим формулам. Основные отклонения отверстий при этом подобраны так, чтобы допускать образование посадок в системе отверстия и в системе вала с равными зазорами и натягами. Таким образом, основные отклонения отверстий относительно нулевой линии являются зеркальным отражением основных отклонений валов.

Характер написания буквы (прописная или строчная) в конструкторской и технологической документации даёт полное представление об элементе детали (вал или отверстие), к которому относится поле допуска. Поля допусков основных отверстий обозначаются буквой H, а основных валов – h с добавлением номера квалитета, например H7, H8, H9 и т.д., при этом нижние отклонения всегда равны нулю, и соответственно h7, h8, h9 и т.д., при этом верхние отклонения всегда равны нулю.

Посадки в системах отверстия и вала и их обозначения на чертежах

Для образования посадок в ЕСДП СЭВ используются квалитеты с

6-го по 12-й, т.е. отверстия и валы обрабатываются с точностью, задаваемой допусками по этим квалитетам.

Обозначение посадки на сборочном чертеже в соответствии с ГОСТ

2.307–68* состоит из указаний полей допусков сопрягаемых деталей, при этом указание оформляется как бы в виде простой дроби. Вначале записывается номинальный размер соединения (он одинаков для сопрягаемых отверстия и вала), затем над чертой (в числителе) указывается поле допуска отверстия, а под чертой (в знаменателе) – поле допуска вала. Вместо условных обозначений полей допусков можно указывать в числителе

и знаменателе предельные отклонения сопрягаемых деталей. Такая форма обозначения посадок едина: и для посадок в системе отверстия, и для посадок в системе вала.

Характер сопряжения (с зазором, с натягами или переходные) легко установить, если в соответствии с обозначением посадки изобразить её графически. Если поле допуска отверстия располагается над полем допуска вала – это посадка с зазором, если поле допуска отверстия располагается под полем допуска вала – посадка с натягом, если поля допусков отверстия и вала полностью или частично перекрываются, то это переходная посадка.

Можно и без графического изображения посадки определить её группу, если после нахождения в таблицах величин предельных отклонений отверстия и вала сравнить их.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение термину «взаимозаменяемость».
2. Для чего предназначена Единая система конструкторской документации ЕСКД?
3. Для чего предназначена Единая система технологической документации ЕСТД?
4. Какие размеры называются линейными, номинальными, действительными?
5. Что определяет действительное отклонение?
6. В чём отличие между допуском и полем допуска?
7. Как зависят требования к обработке детали от величины допуска?
8. Что такое «нулевая линия»?
9. Поясните на примере как получается посадка с зазором, посадка с натягом, переходная посадка?
10. Какие посадки называются посадками в системе отверстия?
11. Какие посадки называются посадками в системе вала?
12. Дайте определение термину «квалитет». Сколько квалитетов установлено для размеров от 1 до 500 мм? Какие?
13. Как изменяются требования к точности обработки детали с возрастанием номера квалитета?
14. Что задаёт основное отклонение? Поясните на примере. Какие бывают отклонения? На что указывает характер написания буквы (прописная или строчная), задающей отклонение?
15. Каким образом обозначаются поля допусков основных отверстий и основных валов?