**Задание для обучающихся**

**с применением дистанционных образовательных технологий**

**и электронного обучения**

Дата: 08 мая 2020г.

Группа: М-18

Учебная дисциплина: Метрология, стандартизация и подтверждение соответствия

Тема занятия: Нормирование точности зубчатых колес и передач

Форма: лекция

**Содержание занятия:**

1. Изучение теоретического материала
2. Контрольные вопросы

**Теоретический материал**

Зубчатое колесо представляет собой деталь сложной геометрической формы в виде диска с зубьями на цилиндрической или конической поверхности, входящими в зацепление с зубьями другого зубчатого колеса.

Зубчатыми передачами называются механизмы, состоящие из зубчатых колес, которые сцепляются между собой и передают вращательное движение, обычно, преобразуя угловые скорости и крутящие моменты.

Наибольшее распространение имеют цилиндрические зубчатые колеса и передачи, т.е. передачи с параллельными осями. Поэтому в этой теме мы будем рассматривать только эти колеса и передачи, хотя принцип нормирования точности всех видов зубчатых передач и многие значения допусков и отклонений одинаков для одинаковых размеров и равной точности и часто используются одни и те же приборы для измерения.

**Принцип нормирования точности зубчатых колес и передач**

Особая трудность в отношении нормирования точностных требований к зубчатым передачам заключается в том, что эти детали являются сложными по своей геометрической форме, а кроме того, они являются элементами кинематической цепи. Поэтому и необходимо учитывать при нормировании, что их основное служебное назначение — передача движения с одного вала на другой при необычной геометрической форме.

Требования к характеристикам передаваемого движения оказываются не одинаковыми для всего многообразия зубчатых передач. Так, для передач в счетно-решающих машинах, в кинематических цепях металлорежущих станков основное требование к зубчатой передаче — это обеспечение точности углов поворота за полный оборот колеса. Для зубчатых передач в автомобилях, редукторах станков одним из основных показателей является плавность работы, т.е. минимальный шум, а это происходит из-за точности вращения колеса за малые углы его поворота, т.е. из-за непостоянства передаточного отношения в пределах оборота.

Для зубчатых колес в подъемных машинах, лебедках не так важно, какова будет точность угла поворота в пределах оборота или на малых углах поворота, как важно, чтобы сопрягаемые зубья касались при зацеплении как можно больше своей поверхностью, т.е. обеспечивали хороший контакт рабочих поверхностей.

Специфические требования возникают к зубчатым передачам, работающим в условиях высоких температур, а также к так называемым реверсивным передачам, направление вращения которых регулярно переключается. Для таких передач очень важным является требование к боковому зазору, так как подавляющее большинство зубчатых колес работают по одной стороне профиля, а по другой стороне, т.е. по нерабочим поверхностям зубьев, должен обеспечиваться (гарантированный) зазор, так называемый боковой зазор.

Таким образом, в зависимости от области применения зубчатых передач к ним могут быть предъявлены различные требования (критерии) в отношении точности: требования в отношении точности за один поворот, в пределах одного оборота, или требования постоянства точности контакта по сопрягаемым поверхностям, или требования к обеспечению необходимого бокового зазора.

Используются диаметры применяемых колес размером от нескольких миллиметров до 5-6 метров. Работают они со скоростью от одного оборота за несколько часов, до скорости, превышающей 100 м/с, к тому же должны работать без больших вибраций и шума. Обрабатываются зубчатые колеса различными способами, а следовательно, возможны разные виды погрешности при разных методах обработки.

Все эти особенности необходимо было учесть при нормировании требований к точности. Поэтому должно быть ясно, с какими трудностями приходится сталкиваться не только при разработке, но и при использовании норм точности на зубчатые колеса и передачи. В нормах точности учитываются и все размеры зубчатых колес, и разные области их применения, а также возможности измерений.

Исходя из необходимости правильного нормирования требований к точности зубчатых колес для обеспечения разнообразных эксплуатационных требований в нормативных документах по точности колес и передач установлены (нормируются) четыре группы почти независимых требований, которые названы нормами точности.

**Нормы точности на зубчатые колеса и передачи** представляют собой набор требований к точности геометрических и кинематических параметров зубчатых колес и передач для оценки этой точности в отношении определенного эксплуатационного признака.

Называются эти нормы:

1) нормы кинематической точности,

2) нормы плавности работы,

3) нормы контакта зубьев,

4) нормы бокового зазора.

В нормах кинематический точности нормируются требования к точности таких геометрических и кинематических параметров колеса и передачи, погрешность которых влияет на погрешность передаточного отношения за полный оборот колеса, т.е. характеризует погрешность в угле поворота за один его оборот по сравнению с тем, если бы вместо него находилось абсолютно точное колесо.

Это требование особенно важно для зубчатых колес в передачах с точным передаточным отношением, например, в кинематических цепях станков, в делительных механизмах и т.д.

В нормах плавности работы нормируются требования к точности таких геометрических и кинематических параметров колеса и передач, погрешность которых также влияет на кинематическую точность, но эта погрешность проявляется многократно за один оборот колеса, т.е. один или несколько раз на каждом зубе. Эти требования имеют наибольшее значение для передач, работающих на больших скоростях, поскольку такие погрешности являются источником ударов, приводящих к появлению шума и вибраций.

В нормах контакта нормируются требования к таким геометрическим и кинематическим параметрам колес и передач, погрешность которых влияет на поверхность касания при вращении зубьев сопрягаемых колес.

Требования к контакту поверхностей имеют особо важное значение для передач, передающих большие нагрузки.

В нормах бокового зазора нормируются требования к таким параметрам колес и передач, которые влияют на зазор по нерабочим профилям при соприкосновении по рабочим профилям.

Эти нормы важны для передач, работающих в тяжелых температурных условиях, при большой загрязненности, для реверсивных передач.

# Степени и нормы точности, виды сопряжений

Если внимательно прочесть приведенные определения в отношении норм точности, то можно заметить, что первые три группы норм (кинематической точности, плавности работы и полноты контакта) относятся к характеристике процесса вращения, а четвертая норма (боковой зазор) не характеризует точности вращения колес и передач, поскольку нормируются требования к нерабочим профилям.

Поэтому при нормировании точности зубчатых колес принято давать единые ряды точности для первых трех норм точности, т.е. характеризующим процесс зацепления, но на разные параметры. Эти ряды точности названы степенями точности (термин "степень точности" идентичен "классу точности", "квалитету" — все они обозначают ряды точности).

В ГОСТ 1643-81 "Передачи зубчатые цилиндрические. До-пуски" нормируется 12 степеней точности для эвольвентных зубчатых колес и передач с диаметром колес до 6300 мм, модулем от 1 до 55 мм. Чем меньше номер степени точности, тем точнее колесо или передача (меньше допуски).

Оригинальным в этом стандарте и в ранее существующих государственных стандартах является то, что хотя и говорится о 12 рядах точности, но числовые значения даются для степеней точности от 3 до 12, а степени точности 1—2 оставлены для будущего развития, чтобы не вводить, как это мы видели в других стандартах, ряды точности с обозначением "0", "01" или "00" и т.д.

Практически невозможно найти колесо, чтобы от него требовался одинаковый уровень точности и в отношении точности вращения за полный оборот, и в отношении точности вращения за доли оборота (плавность), и в отношении контакта. Обычно одно из этих требований является доминирующим. Поэтому при нормировании допускается (и этим необходимо, как правило, пользоваться) так называемое комбинирование разных степеней точности по нормам кинематической точности, плавности работы и контакта. Этим самым можно, например, принять по нормам кинематической точности 7-ю степень, а по плавности работы более точную 6-ю степень для колеса и передачи, у которых должна быть обеспечена плавность работы.

Таким образом, если в ранее рассмотренных соединениях, как правило, для детали устанавливалось точностное требование единого уровня, то для зубчатых колес, в принципе, может быть установлено четыре уровня точности. При комбинировании степеней из разных норм существуют определенные ограничения из-за невозможности практического изготовления колес и передач при большой разнице в степенях точности по разным нормам, т.е. разным эксплуатационным показателям.

Зубчатая передача может быть очень точной по указанным выше степеням точности, т.е. по параметрам зацепления, но очень грубой (с большими допускаемыми отклонениями) в отношении бокового зазора. Таким образом, нормы на боковой зазор не должны быть связаны с точностью зацепления, хотя отдельные рекомендации и взаимосвязи этих норм с нормами плавности в стандарте даются, поскольку невозможно сделать грубую передачу с малым боковым зазором. На практике может возникнуть необходимость в самых разнообразных сочетаниях между точностью вращения (степень точности) и точностью по боковому зазору. Поэтому в стандарте дается набор показателей (ряды точности), относящиеся к боковому зазору; некоторые из них разрешается изменять, т.е. брать не по стандарту. Коротко говоря, нормируемая точность по боковому зазору носит рекомендательный характер.

Основным показателем бокового зазора в стандартах указывается гарантированный боковой зазор — это наименьший зазор, который получается при выполнении требований к колесу пары, которые нормируют в стандарте (*jn min*). Этот показатель может нормироваться для передач с регулируемым межосевым расстоянием. При проектировании передач гарантированный зазор является исходным значением для выбора требований к параметрам колеса и передачи, определяющим этот зазор. Поскольку этих параметров существует несколько и нормы на них не могут быть одинаковыми, то в стандарте нормируется ряд, состоящий из шести групп точности, которым дано название виды сопряжений и введены условные обозначения: *Н, Е, В, С, В, А*(*Н* — гарантированный зазор равен нулю, *А* — наибольший боковой зазор). Можно считать, что виды сопряжения — это первый ряд (основной) точности для нормирования наименьшего (гарантированного) бокового зазора.

В связи с тем, что на значение бокового зазора оказывает влияние межосевое расстояние передачи, а не только параметры колес, в стандарте установлены ряды точности, состоящие из шести классов отклонений межосевого расстояния, обозначенных римскими цифрами с I по VI в порядке убывания точности (это можно считать вторым рядом точностей по боковому зазору). Гарантированный боковой зазор обеспечивается при соблюдении для сопряжений *Н* и *Е* класса II по межосевому расстоянию, а для сопряжений *D, С, В* и *А* классов III, IV, V и VI соответственно. Стандарт разрешает изменять указанные соответствия, т.е. ряды являются рекомендуемыми.

Приведенный принцип нормирования направлен на обеспечение гарантированного (наименьшего) бокового зазора. Наибольшее предельное значение бокового зазора и его колебание в разных передачах одной точности стандарт непосредственно не нормирует, а ограничивает также условными видами допусков на боковой зазор, обозначенных буквами *h, d с, b, а, z, у, х* в порядке возрастания допуска. Эти нормы являются третьим рядом точности нормирования бокового зазора.

Назвали мы их условными потому, что допуск на боковой зазор или наибольшее значение зазора непосредственно в стандартах не устанавливается, а виды допусков на боковой зазор так же как и виды сопряжений относятся к группе параметров колес, размеры которых влияют на значение зазора и на которые установлены допуски. При этом в нормах, содержащих в рядах виды сопряжений и виды допусков, нормируются требования к одним и тем же параметрам колеса, для обеспечения требований в отношении минимального (гарантированного) зазора задается отклонение параметров от номинального значения (в "тело" колеса, т.е. в минус), а для ограничения максимального зазора и его колебания — допуск (в "тело" колеса) на этот же параметр. Более ясно это будет видно при рассмотрении этих параметров. Стандарт устанавливает, что видам сопряжений *Н* и *Е*должен соответствовать вид допуска *h*, а видам сопряжений *D, С, В* и *А* — виды допусков *d, с, b* и а соответственно. Однако это соответствие можно изменять и использовать виды допусков *х, у, z*, т.е. и эти ряды точности имеют рекомендательный характер.

# Условные обозначения требований к точности зубчатых колес и передач

Точность колеса и передачи характеризуется (а следовательно, это должно найти отражение и в условном обозначении) степенью точности по трем эксплуатационным показателям вращения (кинематической точности, плавности работы и полноты контакта), видом сопряжения, видом допуска и классом межосевого расстояния — для указаний требований к необходимому боковому зазору. Более того, бывают случаи, когда надо указывать значение бокового зазора, если класс межосевого расстояния принят грубее, чем это рекомендовано стандартом, так как нормы на боковой зазор носят рекомендательный характер.

Некоторым неудобством является то, что обозначения передачи и колеса одинаковы, т.е. по внешнему виду нельзя понять, обозначена ли точность колеса или передачи.

Пример наиболее полного условного обозначения точности: *8-7-6-Са/V-128* ГОСТ 1643-81. Оно означает, что задана 8-я степень в отношении кинематической точности, 7-я степень в отношении плавности работы, 6-я степень в отношении контакта. Боковой зазор при межосевом расстоянии, указанном на чертеже, должен быть не более 128 мкм, вид сопряжения зубчатых колес *С*, вид допуска на боковой зазор "а" и класс отклонений межосевого расстояния V (а рекомендуется по стандарту IV класс, поэтому и указано значение бокового зазора).

Пример самого краткого обозначения: 8-С ГОСТ 1643-81. Оно означает, что передача (колесо) имеет 8-ю степень точности по всем трем нормам, характеризующим точность вращения (т.е. по кинематической точности, плавности работы и полноте контакта), вид сопряжения *С* и используются рекомендуемые стандартом соответствия между видом сопряжения и видом допуска по боковому зазору, а также между видом сопряжения и классом отклонения межосевого расстояния (вид допуска "*с*", класс межосевого расстояния IV). Все другие обозначения являются промежуточными между самым подробным и самым коротким.

Наиболее часто используются обозначения, содержащие раздельные степени точности, например 8-7-6-Ва ГОСТ 1643-81.

Возможен случай, когда конструктору совершенно безразлична степень точности по какой-либо из норм точности по зацеплению, тогда вместо конкретного номера степени указывается буква *N*, например *8-N-6-В* ГОСТ 1643-81. Это означает, что конструктор не устанавливает требования к точности в отношении плавности работы. По приведенным требованиям можно предполагать, что это, видимо, относится к тихоходной высоконагруженной передаче для которой важно обеспечение контакта (6-я степень) с тем, чтобы рабочие поверхности соприкасались на больших площадках. Однако это не означает, что плавность работы будет грубой, поскольку по характеру обработки зубчатых колес невозможно будет обеспечить 8-ю степень по нормам кинематической точности и 6-ю по полноте контакта при грубых показателях по плавности работы.

Прежде чем рассмотреть параметры, с помощью которых нормируется точность зубчатых колес и передач, надо обратить внимание на особенность набора этих нормируемых параметров.

В каждой из норм точности дается набор параметров, значительно больший, чем это требуется для оценки нормируемых эксплуатационных свойств. Другими словами, в нормах точности нормируются требования к параметрам, которые дублируют друг друга по выявляемым свойствам. Поэтому при нормировании точности возникает необходимость выбора не только уровня точности (степени точности или значения бокового зазора), но и выбора параметров, с помощью которых выявляются определенные эксплуатационные свойства.

Такой подход к нормированию точности связан с тем, что при разных способах изготовления колес разного размера, при разных условиях производства определенные эксплуатационные свойства могут быть выявлены измерением различных параметров.

**Задание:**

1. Изучите теоретический материал.
2. Составьте в тетради конспект, в котором укажите нормы точности зубчатых колес и их характеристику, поясните назначение нормы бокового зазора. Запишите, что входит в условное обозначение точности зубчатого колеса и передачи.
3. Объясните условные обозначения точности зубчатого колеса: 8-7-8 А, 7-А.

**Задания выложены в Google Classroom, код курса bxdeek5**

**Форма отчета.**

1. Сделать фото конспекта в тетради
2. **Срок выполнения задания** 08.05.2020г.
3. **Получатель отчета.** Сделанные фото высылаем в Google Класс или на электронную почту [olga\_galkina\_2021@mail.ru](mailto:olga_galkina_2021@mail.ru)

Обязательно укажите фамилию, группу, название дисциплины (Метрология).