

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 19.06.2023 21:22:05  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

~~Федеральное государственное~~ бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)  
Кафедра машиностроительных технологий и оборудования

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
« 9 » 10 2016 г.



### ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Методические указания по выполнению лабораторной работы №8  
по дисциплине «Нормирование точности»

Курск 2016

УДК 621.(923)

Составитель: О.С. Зубкова

Рецензент

Канд. техн. наук, доцент *Е.И. Яцун*

**Допуски и посадки зубчатых передач:** методические указания по выполнению лабораторной работы №8 / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: О.С. Зубкова. Курск, 2016. 12 с., ил. 2, Библиогр.: 12 с.

Излагаются методические указания по выполнению лабораторной работы № 8, расчету допусков и посадок зубчатых соединений.

Методические указания соответствуют требованиям ФГОС по направлениям подготовки дипломированных специалистов 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 0,58. Уч. - изд. л. 0,53. Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## **Цель работы:**

Научится назначать допуски и посадки зубчатых соединений

## **Инструменты и материалы для работы.**

1. Персональный компьютер
2. Справочник по выбору допусков и посадок

## **1. Теоретическая часть**

Погрешности изготовления и сборки зубчатых и червячных передач вызывают динамические нагрузки, шум, вибрации, нагрев, концентрацию напряжений на отдельных участках зубьев, а также несогласованность углов поворота ведущего и ведомого колес, что приводит к ошибкам относительного положения зубьев и к ошибкам от мертвого хода. 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, преобразуя обычно угловые скорости и крутящие моменты.

Для регламентации точности отдельных видов зубчатых передач (цилиндрических, конических и других с нормальными модулями и отдельно мелко модульных) созданы системы допусков именно на передачи, а не на отдельные зубчатые колеса, так как точность зубчатых передач как самостоятельных звеньев машины или механизма зависит не только от точности входящих в зацепление зубчатых колес, но и от точности расположения осей в корпусах.

Системы допусков для различных зубчатых передач имеют много общего. Ниже рассмотрены погрешности и допуски эвольвентных цилиндрических зубчатых передач. Усвоение системы невозможно без четкого знания элементов эвольвентного зацепления, схема которого приведена на рисунке 1 (колеса не корригированные).

Обозначения и наименования большинства элементов ясны из рисунка:

$d_w(d)$  – диаметр начальной (делительной) окружности;

$d$  – диаметр основной окружности;

$d_f$  – диаметр окружности впадин;  
 $d_a$  – диаметр;  
 $a_w$  – межосевое расстояние;  
 $\alpha$  – угол зацепления, равный нормальному;  
 $i$  – угловой шаг;  
 $Se$  – постоянная хорда зубьев;  
 $he$  – расстояние, на котором определяется постоянная хорда зубьев;  
 $P_{bt}$  – основной окружной шаг.

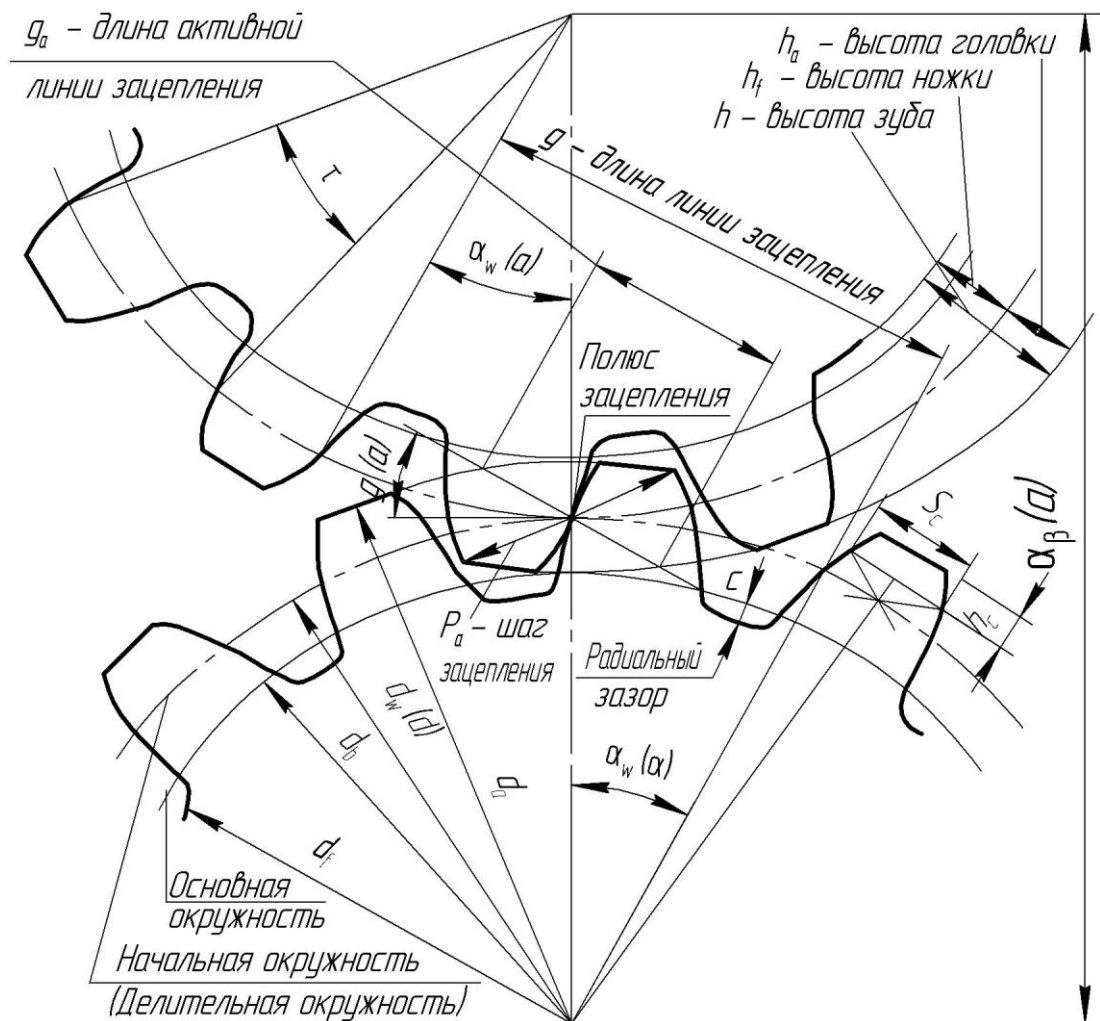


Рис. 1. Элементы зубчатого зацепления

## 12.1. Степени точности и виды сопряжений цилиндрических зубчатых передач

Система допусков цилиндрических зубчатых передач, включая термины, определения и обозначения, изложена в ГОСТ 1643-81, ко-

торый распространяется на эвольвентные передачи внешнего и внутреннего зацепления с прямыми, косозубыми и шевронными зубчатыми колесами с делительным диаметром до 630 мм, шириной зубчатого венца или полушеврона до 1250 мм, модулем зубьев 1...55 мм, с исходным контуром по ГОСТ 13755-81 независимо от метода получения боковых поверхностей зубьев.

Для зубчатых колес и передач установлено *двенадцать степеней точности*, обозначаемых в порядке убывания точности арабскими цифрами от 1 до 12. Степени 1 и 2 пока не имеют установленных норм и являются резервными для будущего развития. Расчетной степенью точности является шестая, т.е. все допуски рассчитываются для нее, а числовые значения допусков других степеней определяют умножением на коэффициенты перехода. Степени точности 3-5 используют для измерительных зубчатых колес, зуборезного инструмента и в передачах прецизионных машин и механизмов; 6, и 7 – в ответственных передачах станков, автомобилей, самолетов и т.п.; 8, и 9 назначают на колеса зубчатых передач средней точности в общем машиностроении; 10-12 задают для малоответственных передач.

При назначении допусков на зубчатые колеса и точность монтажа для достижения качественной работы передачи преследуют следующие цели:

- обеспечение *кинематической точности*, т.е. согласованности углов поворота ведущего и ведомого колес передачи;
- обеспечение *плавности работы*, т.е. ограничение местных изменений отклонений углов поворота колеса (ограничение циклических погрешностей);
- обеспечение *контакта зубьев*, т.е. такого прилегания зубьев, при котором обеспечивается их контакт по всей длине и высоте зуба;
- обеспечение *бокового зазора* для устранения заклинивания зубьев при работе и ограничения мертвых ходов передачи.

Это значит, что собранная передача должна иметь между нерабочими профилями сопряженных зубьев боковой зазор. Он необходим для размещения слоя смазочного материала, компенсации температурных и упругих деформаций деталей, а также погрешностей изготовления деталей и монтажа зубчатой передачи.

*Боковой зазор зубчатой передачи* – расстояние между боковыми поверхностями зубьев зубчатых колес в передаче, обеспечивающее небольшой свободный поворот одного из колес при неподвижном

парном зубчатом колесе. Он определяется в сечении, перпендикулярном направлению зубьев, в плоскости, касательной к основным цилиндрическим поверхностям.

В рассматриваемом примере работоспособность конкретной зубчатой передачи определяется гарантированным боковым зазором  $j_{nmin}$  (рис. 2,а). Значение гарантированного бокового зазора характеризует в зубчатой передаче вид сопряжения, который назначают независимо от степени точности зубчатых колес. Можно считать, что виды сопряжения – это первый ряд (основной) точности для нормирования наименьшего ( $j_{n min}$ ) гарантированного бокового зазора.

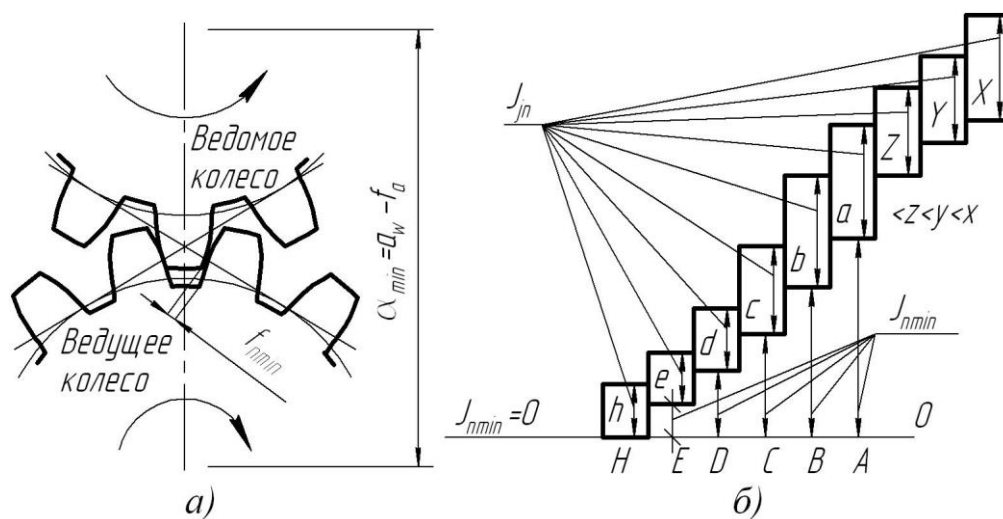


Рис. 2. Боковой зазор (а) и виды сопряжений (б) зубчатой передачи

ГОСТ 1643-81 устанавливает шесть видов сопряжения, обозначаемых заглавными буквами латинского алфавита (рис. 2,б) и восемь видов допусков  $Tj_n$  на гарантированный боковой зазор, обозначаемых в порядке их возрастания –  $h, d, c, b, a, z, y, x$ . С увеличением в сопряжении гарантированного зазора предусмотрен возрастающий по величине одноименно обозначаемый допуск (кроме сопряжения  $E$ ).

Виды допусков  $a, b, c, d$  и так далее являются условными, так как значения допусков на боковой зазор или наибольшее допускаемое значение зазора в стандарте не нормируется, а виды допусков на боковой зазор объединяют в группу параметров точности колес, нормируемых допусками, которые влияют на величину зазора. Например, допуски на смещение исходного контура  $T_H$ , допуски на среднюю длину общей нормали  $T_{wm}$ , допуски на длину общей нормали  $T_w$ , до-

пуски на толщину зуба  $T_c$  зависят от вида допуска на боковой зазор. Тем самым, под каждой буквой ( $a, b, c$  и т.д.) необходимо видеть группу норм точности на параметры колес, которые влияют на величину возможного наибольшего зазора  $Tj_n$ . Эти нормы являются вторым рядом точности нормирования бокового зазора.

Допускается изменять рекомендованное соответствие между сопряжением и видом допуска на боковой зазор, используя при этом и дополнительные виды допуска  $z, y, x$ . Наибольшее применение в зубчатых передачах общего назначения имеет вид сопряжения В. Установлено шесть классов отклонений для межосевого расстояния (МОР), обозначаемых в порядке убывания точности римскими цифрами 1...6. Это можно считать третьим рядом точности по боковому зазору (табл. 1).

Таблица 1

Виды сопряжений и допусков на гарантированный боковой зазор

Вид сопряжения	<i>H</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
Вид допуска	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>c</i>	<i>b</i>	<i>a</i>
Класс отклонения МОР ( $\pm fa$ )	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Для степенной точности	3-7	3-7	3-8	3-9	3-11	3-12
Минимальный боковой зазор	0	<i>IT7</i>	<i>IT8</i>	<i>IT9</i>	<i>IT10</i>	<i>IT11</i>

Принятые для зубчатой передачи единые степени по нормам кинематической точности, плавности и нормам контакта для определенного вида сопряжений указывают условно так: 8-*D* ГОСТ 1643-81.

При комбинировании степеней точности первая цифра указывает степень по нормам кинематической точности, вторая – по плавности работы и третья - по нормам контакта, буква - вид сопряжения, например: 8 - 7 - 7 - *B* ГОСТ 1643-81.

Возможен случай, когда конструктору совершенно безразлична степень точности по какой-либо из норм точности по зацеплению, тогда вместо конкретного номера степени точности указывается буква *N*, например: 7-*N*-6-*B* ГОСТ 1643-81. Это значит, что конструктор не устанавливает требования по плавности работы. Можно предполагать, что это, видимо, относится к тихоходной высоконагруженной передаче, для которой важно обеспечить полноту контакта зубьев (6-я степень). Однако это не означает, что плавность работы будет гру-

бой, поскольку по характеру обработки зубчатых колес невозможно будет обеспечить степень по нормам кинематической точности и 6-ю по полноте контакта при грубых показателях по плавности работы.

Так как между различными показателями точности существует определенная взаимосвязь, практически невозможно изготовить зубчатые колеса со значительным разрывом в степенях точности. Поэтому при комбинировании в передаче норм точности разрешается устанавливать нормы плавности не более чем на две точнее или на одну грубее норм кинематической точности; нормы контакта могут быть такой же или любой более точной степени, чем нормы плавности, а также иногда на одну степень грубее. Шестерни и колеса не обязательно изготавливать по одним и тем же степеням точности. Вид допуска на боковой зазор указывают только в случаях, когда он отличается от общерекомендуемого, например: 7-6-7-Вс ГОСТ 1643-81. В случае назначения на МОР более грубого класса отклонений запись имеет, например, вид: 7 - Ca/V - 113 ГОСТ 1643-81. Здесь (при МОР 315...400 мм) вместо нормально предусмотренного для вида сопряжения C класса 4 ( $f_a = \pm 70$  мкм) и  $j_{n \min} = 140$  мкм назначен класс V ( $f_a = \pm 110$  мкм), вследствие чего

$$j'_{n \min} = j_{n \min} - 0,68|f'_a| - |f_a|, \quad (1)$$

где  $f'_a, f_a$  – отклонения межосевого расстояния соответственно для более грубого и нормального класса.

$$j_{n \min} = 140 - 0,68(110 - 70) = 113 \text{ мкм.}$$

Все нормы и допуски в ГОСТ 1643-81 даны относительно рабочей оси, вокруг которой вращается зубчатое колесо в собранной передаче. Если контроль каких-либо параметров производят не от оси, то надо ввести ужесточенные производственные допуски в целях компенсации погрешностей от замены базы. Ужесточать допуски для колес приходится и в случаях, когда передача имеет много деталей. Например, готовое зубчатое колесо монтируют на вал, на который насаживают подшипники; подшипники помещают в стаканы, а стаканы – в корпус; в итоге нормам стандарта должна удовлетворять собранная передача.



Подводя итог выше сказанному, отметим следующее.

*В нормах кинематической точности* нормируются требования к таким геометрическим и кинематическим параметрам 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.

*В нормах плавности работы* нормируются требования к точности таких геометрических и кинематических параметров колеса и передачи, погрешность которых так же 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 величину площади поверхности касания при вращении зубьев сопрягаемых колес. Требования к контакту поверхностей зубьев имеют особо важное значение для передач, работающих с большими нагрузками.

*В нормах бокового зазора* нормируются требования к таким параметрам колес и передачи, которые влияют на зазор по нерабочим профилям зубьев. Эти нормы важны для передач, работающих в тяжелых температурных условиях, при большей загрязненности и для реверсивных передач.

## **2. Пример назначения норм точности зубчатого колеса**

Нормы точности назначаем для прямозубого зубчатого колеса с модулем  $m = 5$  мм, числом зубьев  $z = 50$ , межосевым расстоянием  $a_w = 187,5$  мм, шириной колеса  $b = 35$  мм. Точность зубчатого колеса 8–8–9–Ва

Определяем делительный диаметр для данного зубчатого колеса:

$$d_1 = mz = 5 \cdot 50 = 250 \text{ мм.}$$

По таблицам ГОСТ 1643-81 определяем номенклатуру показателей по нормам кинематической точности, плавности работы, контакта зубьев и бокового зазора.

По таблице ГОСТ 1643-81 найдем нормы кинематической точности 8.

Найдем допуск на кинематическую погрешность колеса:

$$F'_t = F_p + f_f \quad (3)$$

$F_p = 125$  мкм – допуск на накопленную погрешность шага зубчатого колеса

$f_f = 22$  мкм – допуск на погрешность профиля;

$$F'_t = 125 + 22 = 147 \text{ мкм}$$

$F_r = 71$  мкм – допуск на радиальное биение зубчатого венца;

$F_{uw} = 50$  мкм – допуск на колебание длины общей нормали;

$F_c = 50$  мкм – допуск на погрешность обката;

$F_i^n = 100$  мкм – допуск на колебание межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса.

По таблице ГОСТ 1643-81 найдем нормы плавности работы 8.

Для прямозубых зубчатых колес значение коэффициента осевого перекрытия принимаются меньше граничного значения  $\varepsilon_\beta$

$f'_i = 50$  мкм – допуск на местную кинематическую погрешность зубчатого колеса;

$f_{pt} = \pm 28$  мкм – предельные отклонения шага;

$f_f = 22$  мкм – допуск на погрешность профиля;

$f_{pb} = \pm 26$  мкм – предельные отклонения шага зацепления.

$f''_i = 40$  мкм – допуск на колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе.

По таблице ГОСТ 1643-81 найдем нормы контакта зубьев 9.

$F_{pxn} = \pm 40$  мкм – продольные отклонения осевых шагов по нормали;

$F_k = 60$  мкм – допуск на суммарную погрешность контактной линии;

$F_\beta = 28$  мкм – допуск направление зубьев;

Допуски на боковой зазор по ГОСТ 1643-81:

$E_{Hs} = -220$  мкм – наименьшее дополнительное смещение исходного контура;

$T_H = 250$  мкм – допуск на смещение исходного контура.

### **3. Порядок выполнения работы**

При выполнении лабораторной работы 6 выбор и расчет посадки шпоночного соединения осуществлять в следующей последовательности:

- 1) изучить конструкцию узла и его служебное назначение;
- 2) исходя из служебного назначения по согласованию с преподавателем назначить степени точности по группам параметров зубчатой передачи;
- 3) определить по сборочному чертежу узла геометрические размеры зубчатой передачи;
- 4) в соответствии с ГОСТ 1643-81 определить номенклатуру параметров точности и выписать их значения.

### **4. Контрольные вопросы**

1. Назовите основные геометрические параметры зубчатых колес.
2. По каким группам показателей нормируется точность зубчатых колес?
3. Сколько степеней точности предусмотрено стандартом?
4. Какая группа показателей является приоритетной для точных приборов, часовых механизмов, делительных механизмов?
5. Какая группа показателей является приоритетной для скоростных передач?
6. Какая группа показателей является приоритетной для силовых передач?
7. Расшифруйте обозначение точности зубчатой передачи.
8. Назовите показатели кинематической точности зубчатого колеса.
9. Назовите показатели плавности работы зубчатого колеса.
10. Назовите показатели контакта зубьев зубчатого колеса.
11. Что такое вид сопряжения и вид допуска?

12. Назовите показатели, обеспечивающие гарантированный боковой зазор в передаче.

### **Библиографический список**

1. Емельянов С.Г. Нормирование точности в машиностроении: учебное пособие/ С.Г. Емельянов, Е.А. Кудряшов, Е.И. Яцун, Е.В. Павлов, С.А. Чевычелов, С.А. Сергеев. – Старый Оскол: ТНТ, 2012. – 440 с.
2. Схиртладзе А.Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие. – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 539 с.
3. Палей М.А. Допуски и посадки: Справочник: В 2 ч. Ч. 1/ М.А. Палей, А.Б. Романов, В. А. Брагинский. – 9-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2009. - 530 с.
4. Палей М.А. Допуски и посадки: Справочник: В 2 ч. Ч. 2/М. А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – 9-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2009. – 629 с.
5. Якушев А. И. и др. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения М.: Машиностроение, 1986.