

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королева
(национальный исследовательский университет)»

**ПОСТРОЕНИЕ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ЗУБЬЕВ
МЕТОДОМ ОГИБАНИЯ (ОБКАТКИ)**

Методические указания к лабораторной работе

Самара 2010

Составители: **Н.П. Коробова, В.И. Журавлев**

УДК 621.831

Построение эвольвентных зубьев методом огибания (обкатки): метод. указания к лаб. работе / Сост. Н.П. Коробова, В.И. Журавлев. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2010. – 12 с.

Методические указания содержат вопросы нарезания зубьев методом огибания.

Рекомендуется студентам инженерно-технических специальностей вуза при изучении курса "Теория механизмов и машин" и "Прикладная механика".

Подготовлены на кафедре основ конструирования машин.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета.

Рецензент: Н.Д. Проничев

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Цель работы – изучить теоретические основы производства эвольвентных колес методом обкатки, определить влияние смещения инструмента (рейки) на форму нарезаемого зуба и предупредить явление подреза.

При нарезании цилиндрических зубчатых колес оси производящего колеса и проектируемого колеса параллельны между собой. Если производящее колесо имеет конечное число зубьев, то режущими инструментами являются *долбяк* (рис. 1, е), *абразивный хон* (рис. 1, ж), которыми можно обрабатывать боковые поверхности зубьев колес с различными числами зубьев (рис. 1, з). При бесконечно большом радиусе аксоида производящего колеса инструмент должен иметь бесконечно большое число зубьев, т.е. превратиться в *рейку*. В этом случае инструментом обычно является *червячная фреза* (рис. 1, б) или *абразивный червячный круг* (рис. 1, г), у которых *реечный производящий контур* (рис. 1, д) расположен на винтовой поверхности. Частным случаем является инструмент, называемый *зуборезной гребенкой* (рис. 1, а) или пара тарельчатых шлифовальных кругов. Главным движением резания у долбяка, гребенки и абразивного хона является поступательное движение, а у червячной фрезы и шлифовальных кругов – вращательное движение.

По методу обкатки зубья колес нарезаются гребенками на зубострогальных станках, червячными фрезами – на зубофрезерных станках и долбяками на зубодолбежных станках. *Метод обкатки* базируется на основных положениях теории эвольвентного зацепления и заключается в том, что режущему инструменту (например, зуборезной рейке) сообщают такое же относительное движение, которое имелось бы при зацеплении колеса с рейкой. Кроме того, инструменту сообщается возвратно-поступательное движение резания. Одним из преимуществ метода обкатки по сравнению с методом копирования является то, что одним и тем же инструментом можно нарезать различные профили.

Если производящую поверхность рассечь плоскостью, перпендикулярной оси нарезаемого колеса, то в сечении получим *исходный производящий контур (ИПК)*. *Станочное зацепление* есть зацепление ИПК с профилем зуба нарезаемого колеса.

Рассмотрим *реечное станочное зацепление*, т.е. такое, когда ИПК имеет очертание зубчатой рейки. Эвольвентные кромки этого ИПК прямолинейны (рис. 2). Режущий инструмент (червячная фреза или гребенка), образующий своим главным движением эвольвентный реечный ИПК, обладает очень ценным свойством: его можно изготовить сравнительно дешево и достаточно точно. Исходная инструментальная рейка стандартизирована, угол профиля рейки $\alpha = 20^\circ$; коэффициент высоты головки зуба $h_a^* = 1,0$; коэффициент радиального зазора $c^* = 0,25$.

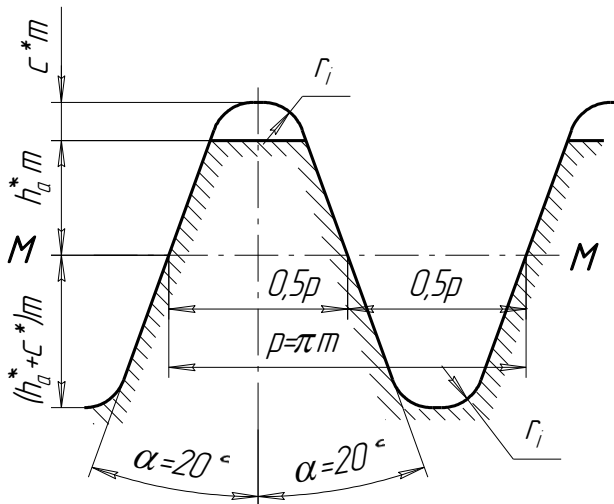


Рисунок 3.2

Процесс обкатки делительной окружности заготовки относительно инструментальной рейки можно производить по любой прямой, параллельной модульной (делительной) прямой рейки ММ (рис. 2). В зависимости от этого можно нарезать три вида зубчатых колес:

- *нулевые*, полученные при обкатке без скольжения делительной окружности заготовки по модульной прямой рейки ($x = 0$);
- *положительные*, полученные при обкатке делительной окружности заготовки по начальной прямой рейки, параллельной средней и отстоящей от нее на величину xm мм (инструмент отодвигается от центра заготовки), где x – коэффициент смещения инструмента;
- *отрицательные*, полученные аналогично, но прямая отстоит от модульной прямой на величину $-xm$ мм (инструмент придвигается к центру заготовки).

Согласно свойствам эвольвентного зацепления прямолинейная, т.е. эвольвентная часть ИПК и эвольвентная часть профиля зуба колеса располагаются касательно друг другу только на линии станочного зацепления, начинающейся в точке N (рис. 3). Правее этой точки прямолинейный участок ИПК не касается эвольвентного профиля зуба колеса, а пересекает его. Так как ИПК физически представляет собой след, который режущая кромка инструмента оставляет на материале изготавливаемого колеса, то указанное пересечение приводит к подрезанию зуба колеса у его основания (рис. 4). Подрезание уменьшает эвольвентную часть профиля зуба колеса и ослабляет зуб в его опасном сечении.

Подрезание не происходит, когда граница В активной части линии

станочного зацепления располагается левее точки N, т.е. когда выполняется условие $PN \geq PB$. Величину PN определим из ΔPON ($PN = PO \sin \alpha$), а PB – из ΔPFB ($PB = PF / \sin \alpha$). Подставляя эти величины в условие $PN = PB$,

$$\text{найдем } z \geq \frac{2(h_a^* - x)}{\sin^2 \alpha}.$$

Если $x = 0$, то из этого выражения получается минимальное число зубьев колеса без смещения, которые не будут подрезаны инструментом

$$z_{\min} = \frac{2h_a^*}{\sin^2 \alpha}.$$

При проектировании колес без смещения число зубьев необходимо брать равным или больше

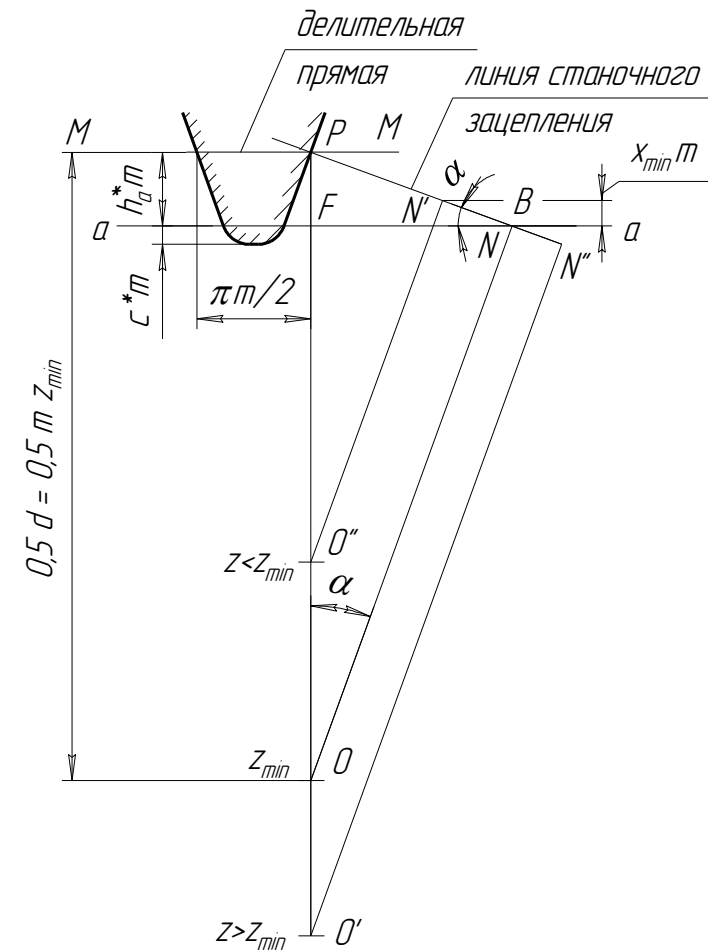


Рисунок 3.3

z_{\min} . В случае стандартного инструмента ($h_a^* = 1,0$ и $\alpha = 20^\circ$) $z_{\min} = 17$.

Нарезание колес с числом зубьев менее 17 можно осуществить без

подреза, сместив рейку от оси колеса на расчетную величину смещения x_m . Если увеличивать коэффициент смещения, то толщина заба s_a у вершины будет уменьшаться. При некотором коэффициенте смещения (x_{\max}), наступает заострение зуба ($s_a = 0$). Для предотвращения излома вершины

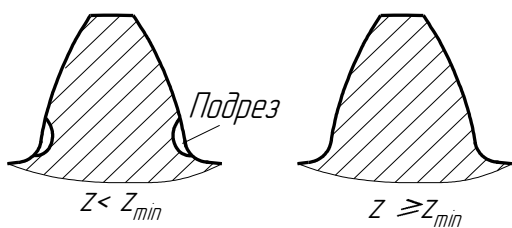


Рисунок 3.4

заостренного зуба коэффициент смещения назначают так, чтобы толщина s_a была бы не меньше $0,3m$ ($s_a \geq 0,3m$).

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Работа производится на специальном приборе (рис. 5)

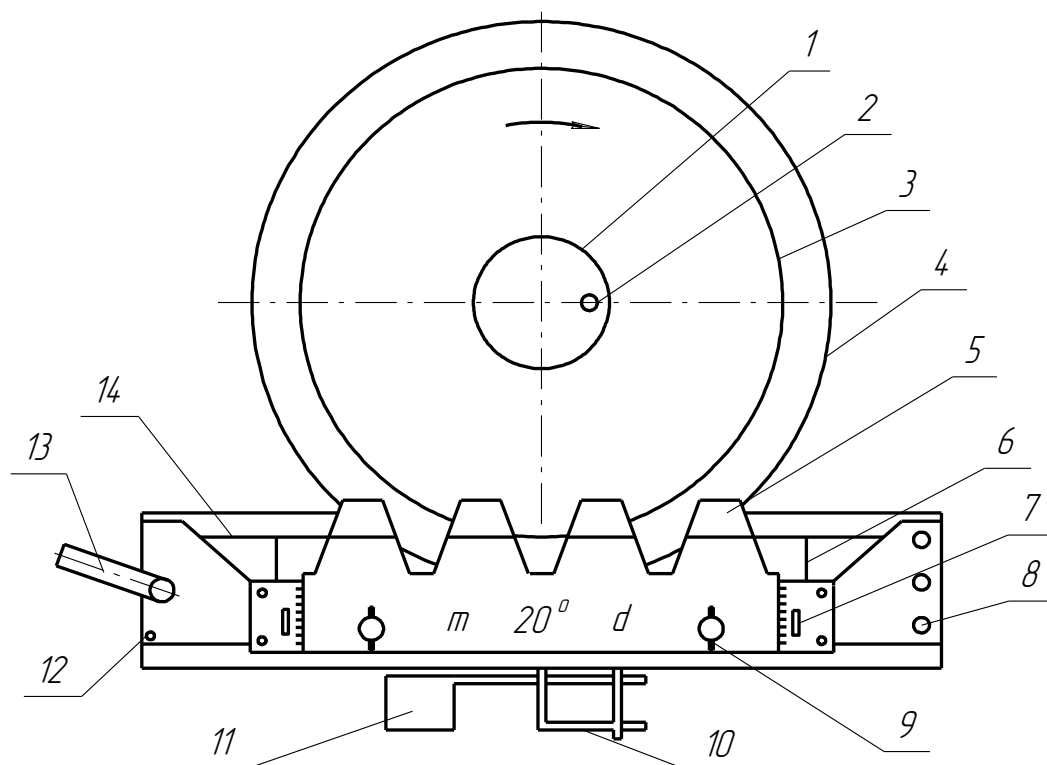


Рисунок 3.5

Рейка 5, размеры которой совпадают с размерами стандартной инструментальной рейки данного модуля, крепится на планке 6 винтами 9. По шкалам 7 рейка может быть установлена с нужным смещением относительно цифры 0 на шкале 7. Диск 3, диаметр которого равен диаметру делительной окружности вычерчиваемого колеса, перекатывается без скольжения либо по модульной прямой, либо по одной из начальных прямых рейки. На рейке 5 указаны диаметр делительной окружности этого диска d , а также ее модуль m и угол профиля α . На диске 3 закреплен диск 4 большего диаметра из органического стекла. На диске 4 с помощью прижимного устройства закрепляется бумага для вычерчивания зубьев.

Прижимное устройство 1 закрепляется на дисках 3 и 4 винтом 2. Чтобы избежать проскальзывания при перекатывании диск 3 охвачен струной 14, один конец которой прикрепляется к неподвижному захвату 8, а второй конец – к захвату 12. Захват 12 при помощи эксцентрикового механизма, управляемого рукояткой 13, может перемещаться и создавать необходимое натяжение струны 14.

Совместное движение рейки и диска осуществляется при помощи шагового храпового механизма, который приводится в действие рычагом 11. Переключением рычага 10 студент получает возможность свободно

перемещать рейку вправо и влево.

Работа с прибором производится следующим образом. Рейка 5 сводится в крайнее правое положение. Остро заточенным карандашом обводят зубья рейки. Нажимом на рычаг 11 передвигают рейку влево на один шаг и вновь очерчивают контур зубьев рейки. Когда рейка передвинется в крайнее левое положение, на бумажном круге будет получен контур трех зубьев. Чтобы вычертить на этой же бумаге зубья при другом положении рейки, нужно рейку снова переместить в крайнее правое положение и повернуть диск 4. Затем вычерчивание зубьев производится в описанном выше порядке (рис. 6).

После того, как зубья вычерчены, бумагу снимают и проводят делительную, основную окружности, а также окружности вершин и впадин для обоих полученных профилей колес. Делительная и основная окружности для них будут одинаковые, а окружности вершин и впадин – разные.

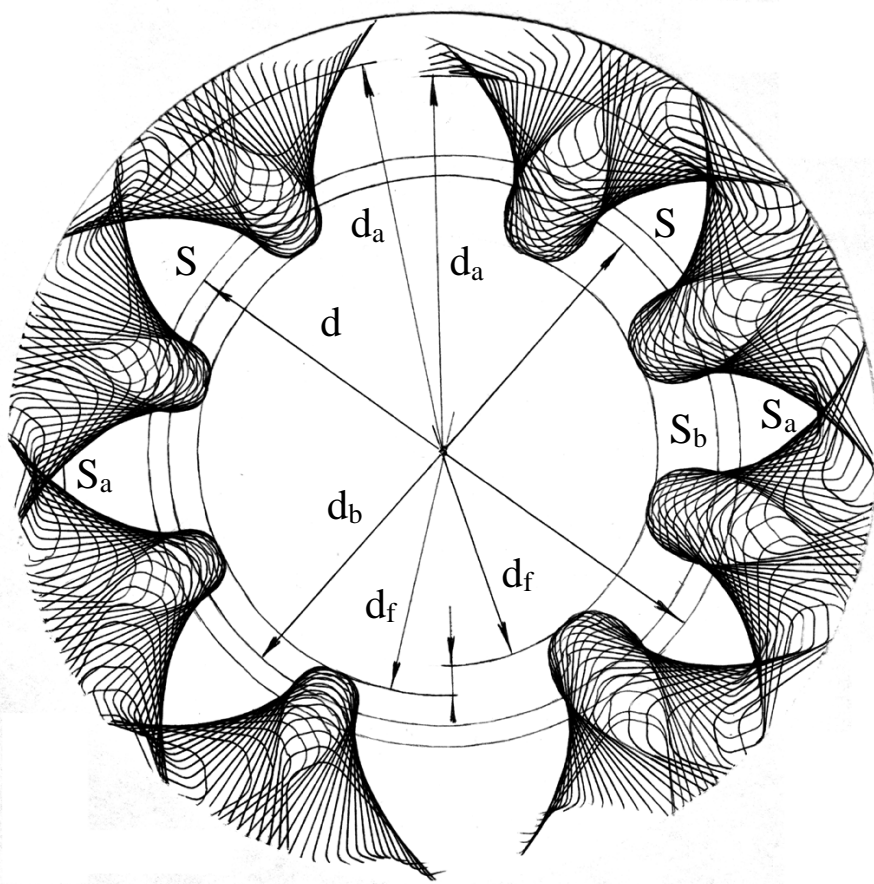


Рисунок 6

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Часть 1. Нарезание зубьев колеса без смещения рейки ($x = 0$).

1. Установить рейку 5 прибора в нулевое положение и передвинуть ее в крайне правое положение.
2. Вычертить три зуба.
3. Подсчитать основные параметры вычерченных зубьев по формулам, приведенным в табл. 1.

Таблица 1 – Расчеты при коэффициенте смещения рейки $x = 0$

№ п/п	Величины, подлежащие определению	Результаты расчета
1	Число зубьев нарезаемого колеса $z = \frac{d}{m} =$	
2	Диаметр основной окружности $d_b = d \cdot \cos \alpha =$	
3	Диаметр окружности вершин $d_a = d + 2 \cdot h_a^* \cdot m =$	
4	Диаметр окружности впадин $d_f = d - 2 \left(h_a^* + c^* \right) m =$	
5	Шаг по делительной окружности $p = \pi m =$	
6	Толщина зуба по делительной окружности $S = 0,5 \pi m =$	
7	Толщина зуба по основной окружности $S_b = d_b \left(\frac{S}{d} + \operatorname{inv} \alpha \right) =$	
8	Толщина зуба по окружности вершин $S_a = \left(\frac{S}{d} + \operatorname{inv} \alpha - \operatorname{inv} \alpha_a \right) =$ $\cos \alpha_a = \frac{d_b}{d_a} =$	

Часть 2. Нарезание зубьев колеса со смещением рейки, обеспечивающим отсутствие подреза ($x \neq 0$).

Установить рейку со смещением, подсчитанным по формулам табл. 2, и вычертить три зуба, предварительно повернув диск 4 с бумагой на 180° и установив рейку в крайнее правое положение.

Таблица 2 – Расчеты при коэффициенте смещения рейки $x \neq 0$

№ п/п	Величины, подлежащие определению	Результаты расчета
1	Коэффициент смещения $x = h_a^* \frac{z_{\min} - z}{z_{\min}} =$	
2	Смещение рейки $xm =$	
3	Диаметр окружности вершин определить графически из условия отсутствия заострения $S_a = 0,3m =$	
4	Диаметр окружности впадин $d_f = d - 2(h_a^* + c^*)m + 2xm =$	
5	Толщина зуба по делительной окружности $S = \frac{\pi m}{2} + 2xm \operatorname{tg} \alpha =$	
6	Толщина зуба по основной окружности $S_d = d_b \left(\frac{S}{d} + \operatorname{inv} \alpha \right) =$	
7	Расчетная толщина по окружности вершин $S_a = \left(\frac{S}{d} + \operatorname{inv} \alpha - \operatorname{inv} \alpha_a \right) =$ $\cos \alpha_a = \frac{d_b}{d_a} =$	

Снять заготовку с прибора, нанести на чертеже расчетные окружности обоих колес и измерить толщины зубьев по этим окружностям. Оформить отчет и приложить к нему диск с вычерченным профилем зубьев.

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Упрощенная схема установки.
3. Геометрический расчет по формулам табл. 1 и 2.
4. Сравнение расчетных величин с действительными.

Обозначение	Величина	
	по расчету	по чертежу
S		
S_b		
S_a		

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы методы нарезания зубчатых колес?
2. Какому условию должны удовлетворять профили зубьев передачи с постоянным передаточным отношением?
3. Что такое шаг и модуль?
4. Что такое d и d_b ? Для чего нужны эти окружности?
5. Каково относительное движение колеса и рейки в процессе зацепления?
6. Виды нарезаемых колес.
7. Когда наблюдается явление подреза зуба рейкой?
8. Какими способами можно избежать подреза зуба?
9. Как подсчитать наименьшее смещение рейки?
10. Какие параметры колеса изменяются при нарезании его со смещенным исходным контуром?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория механизмов и механика машин: учебник для вузов / Под ред. К. В. Фролова. – М.: Высшая школа, 2003. – 496 с.
2. Мамаев А. Н., Балабина Т.А. Теория механизмов и машин: учебник для вузов. – М.: Экзамен, 2008. – 254 с.

У ч е б н о е и з д а н и е

**ПОСТРОЕНИЕ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ЗУБЬЕВ
МЕТОДОМ ОГИБАНИЯ (ОБКАТКИ)**

Методические указания

Составители: Коробова Нинель Петровна;
Журавлев Валентин Иванович

«Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королева»
443086 Самара, Московское шоссе, 34.