**25.03.2020г. Лабораторная работа 11.**

***Определение параметров и размеров зубчатых колес***

***1. Цель работы***

- Ознакомление с основными геометрическими параметрами и размерами цилиндрических колес с прямыми зубьями, а также с методами их измерения.

***2. Теоретические положения***

***2.1 Общие сведения***

Поверхности взаимодействующих зубьев колес должны обеспечить постоянство передаточного числа (*U*= const). Для выполнения этого условия боковые профили зубьев сопрягаемых колес должны подчиняться требованиям, вытекающим из основной теоремы зацепления: общая нормаль n-n, проведенная через точки касания профилей, делит расстояние между центрами колес O1O2 на части, обратно пропорциональные угловым скоростям (рис. 1). Математически теорема зацепления имеет вид:  



Рис. 1. Зацепление эвольвентных зубчатых колес

Из возможных профилей зубьев, удовлетворяющих основной теореме зацепления, наибольшее применение получило эвольвентное зацепление благодаря технологичности и достаточно высокой несущей способности. Эвольвента окружности образуется точкой К на прямых N1K и N2K при качении их без скольжения по окружностям с диаметрами dв1 и dв2 .Эти окружности называются основными. Линия N1 N2, по которой перемещается общая точка контакта К профилей зубьев при вращении колес – линия зацепления. Угол между линией зацепления и прямой t-t, перпендикулярной к межосевой линии O1O2называется углом зацепления . Для колес без смещения угол зацепления .

При вращении зацепляющихся зубчатых колес окружности радиусов О1П и О2П перекатываются одна по другой без скольжения. Данные окружности называются начальными, их диаметр dω1 и dω2. Эти окружности являются сопряженными, т.е. понятие начальных окружностей относится только к паре колес находящихся в зацеплении. При изменении межосевого расстояния О1 О2 диаметры начальных окружностей изменяются.

Делительная окружность принадлежит отдельному колесу и получается при его зацеплении со стандартной рейкой. Окружность, являющаяся начальной при зацеплении с рейкой – делительная; её диаметр обозначается d (рис. 2). Для колес без смещения делительные окружности совпадают с начальными. Толщина зуба по делительной окружности S равна ширине впадины между двумя зубьями е.

Расстояние между двумя одноименными профилями соседних зубьев по делительной окружности – окружной шаг зацепления P. На делительной окружности шаг зацепления Р равен сумме толщины зуба S и ширины впадины между двумя зубьями *е*. Расчетная величина, равная отношению окружного шага зубьев Р по делительной окружности к числу π - окружной модуль зацепления





Рис. 2. Геометрические параметры цилиндрического колеса с  прямыми зубьями

Модули зубьев зубчатых колес стандартизованы [табл. 1]. Диаметр делительной окружности выраженный через модуль равен:



где z- число зубьев зубчатого колеса.

Окружность, ограничивающая высоту зубьев – окружность вершин зубьев; её диаметр обозначается da. Окружность, ограничивающая глубину впадин, – окружность впадин зубьев, её диаметр обозначается df.

Таблица 1

|  |  |
| --- | --- |
| Ряды предпочтительных чисел | Модуль зацепления m, мм |
| 1-й ряд | 1 | 1,25 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 |
| 2-й ряд | 1,125 | 1,375 | 1,75 | 2,25 | 2,75 | 3,5 | 4,5 | 5,5 | 7 | 9 | 11 | 14 | 18 |

В зубчатых колесах расстояние между двумя соседними профилями зубьев, измеренное по нормали n-n (рис. 3), равно шагу Pв по основной окружности (длине дуги). Из треугольника О радиус основной окружности равен

0,5dв = 0,5∙dcosαω;

шаг по основной окружности будет равен

Pв= Pcosαω.

Исходя из этого, шаг по основной окружности можно определять не длиной дуги, а расстоянием между двумя соседними зубьями по нормали (эвольвентными участками профиля зуба). Этот отрезок нормали представит развертку основной окружности и будет равен шагу Pв по основной окружности.

Основные параметры и размеры зубчатого колеса:

z – число зубьев колеса;

m – модуль зацепления;

αω - угол зацепления (для колес с нормальным исходным контуром αω=20°);

ha=m – высота головки зуба;

hf=1,25∙m – высота ножки зуба;

p – окружной шаг зацепления (по делительной окружности);

pв- шаг зубьев по основной окружности;

S, Sв–толщина зубьев соответственно по делительной и основной окружности;

x- коэффициент смещения.



Рис. 3. Измерение шага зацепления по основной окружности колеса

***3. Описание объекта исследования, приборов и инструментов***

Для проведения лабораторной работы, используют действующие модели зубчатых механизмов, штангензубомер.

***4. Методика проведения исследований и обработка результатов***

4.1. Подсчитать число зубьев колеса.

4.2. По таблице 2 принять число зубьев колеса n, которые нужно охватить губками штангенциркуля, чтобы измерение было выполнено в пределах эвольвентной части профиля зуба.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Число зубьев колеса Z | 12-18 | 19-27 | 28-36 | 37-45 | 46-54 | 55-63 | 64-72 | 73-80 |
| Измеряемое число зубьев n | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

4.3. Охватив штангенциркулем n зубьев колеса, измерить размер ln между ними, затем, охватив штангенциркулем на 1 зуб больше, измерить размер *l*n+1 между n+1 зубам. Полученные значения занести в таблицу 3.

Примечание. Каждый замер делается три раза на любых участках зубчатого колеса. Расчеты проводятся по средним значениям.

4.4. Определить расчетное значение модуля зацепления:



4.5. Полученное значение модуля зацепления округлить до ближайшего стандартного значения *m* (табл. 1).

4.6. Определить геометрические размеры зубчатого колеса, занеся полученные значения в табл. 4.

4.7. Измерить штангенциркулем диаметры выступов da и впадин df зубьев колеса, занеся полученные значения в табл. 5. Размеры da и  df при четном числе зубьев Z измеряются штангенциркулем непосредствен, как показано на рис. 4,а. При нечетном числе зубьев Z сначала измеряется диаметр отверстия колеса dотв, а затем расстояние от отверстия до окружности вершин lаи до окружности впадин lf зубьев (рис. 4,*б*), при этом диаметры вершин и впадин зубьев получаются суммированием диаметра отверстия и расстояния от отверстия до соответствующей окружности зуба.



Рис. 4. Измерение диаметров выступов и впадин зубчатого колеса:

а – при четном; б – при нечетном числе зубьев

4.8. Зубчатое колесо может быть нарезано со смещением исходного контура режущего инструмента. В этом случае определить значение коэффициента смещения исходного контура:



*Примечание*. Коэффициент смещения может быть как положительным, так и отрицательным. В дальнейших расчетах подставляется в формулы с полученным знаком. Если значение коэффициента смещения получается близким к нулю, то принимается  *x*=0.

4.9. Определить толщину зуба по делительной окружности  (рис. 2), мм:



4.10. Определить половину центрального угла зуба по дуге делительной окружности (рис. 5), град:





Рис. 5. Измерение толщины зуба по хорде делительной окружности

4.11. Определить радиальное расстояние от окружности вершин зубьев до измеряемой хорды по делительной окружности, мм:



где da, d –диаметры, соответственно вершин зубьев и делительной окружности принимаются по табл. 4.

4.12. Определить толщину зуба по хорде делительной окружности, мм:



4.13. Измерить штангензубомером толщину зуба по хорде делительной окружности Sxизм. (рис. 5). Полученное значение Sxизм сравнить с расчетным значением Sx.

*Примечание*: штангензубомер имеет две шкалы 1 и 2 с нониусами. Шкала 1 служит для замера радиального расстояния hx от окружности головок зубьев до измеряемой хорды, шкала 2 служит для замера толщины зуба по хорде. По шкале 1перемещается установочная пластина 3. До начала замера установочную пластину 3 фиксируем на расстоянии hx. Для этого на шкале 1 устанавливаем радиальное расстояние до измеряемой хорды на дуге делительной окружности. Устанавливаем штангензубомер на зуб так, чтобы пластина 3 упиралась в вершину зуба, сдвигаем губки штангензубомера до касания их с боковыми поверхностями зуба и по шкале 2 определяем хордальную толщину  зуба Sxизм.

***5. Содержание и оформление отчета***

**Определение параметров и размеров зубчатых колес.**

1. Цель работы.

2. Эскиз зубчатого колеса с основными размерами.

3. Таблица 3 замеров шага зубьев по основной окружности зубчатого колеса.

Таблица 3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер замера | Расстояние между n зубьями ln , мм | Расстояние между (n+1) зубом *l*n+1, мм | Измерение значение шага зубьев по основной окружности Pвиз=*l*n+1-*l*n, мм |
| 1 |   |   |   |
| 2 |   |   |   |
| 3 |   |   |   |
| Среднее значение | *l*nср | Ln+1 ср | Pв ср |

4. Определение геометрических размеров зубчатого колеса  табл.

Таблица 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №n/n | Геометрический размер зубчатого колеса | Расчетная формула |
| 1 | Шаг зубьев по делительной окружности | p=π∙m |
| 2 | Шаг зубьев по основной окружности | pв=π∙m∙cosαω |
| 3 | Диаметр делительной окружности | d=mz |
| 4 | Диаметр основной окружности | dв=d∙cosαω |
| 5 | Диаметр вершин (головок) зубьев | da=d+2m |
| 6 | Диаметр впадин (ножек) зубьев | df=d-25m |
| 7 | Толщина зуба по основной окружности | Sв=*l*n+1-n∙Pв |

5. Таблица замеров диаметров выступов и впадин зубьев колеса.

Таблица 5

|  |  |
| --- | --- |
| Номер замера | Диаметры вершин da и впадин df зубьев |
| Четное число Z зубьев колеса | Нечетное число Z зубьев колеса |
| da, мм | df, мм | dотв, мм | *l*a, мм | *l*f, мм | da=dотв+2*l*a | df=dотв+2*l*f |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| Среднее значение | da ср | df ср | dотв ср | *l*a ср | *l*f ср | da ср | df ср |

6. Определить коэффициент смещения X и окружную толщину зуба по делительной окружности S.

7. Определить и измерить толщину зуба по хорде делительной окружности Sx.