

Дата **24.10.2022 г.** Группа: ХКМ 3/1 Курс: 3 семестр: 5

Дисциплина: Техническая механика

Специальность: 15.02.06 «Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)»

Тема занятия: Определение параметров зубчатых колес с помощью замеров

Цель занятия:

-методическая - совершенствование методики проведения практического занятия;

- учебная – уметь производить расчет ременной передачи;

- воспитательная – обучать учащихся соотносить полученные знания с наблюдаемыми явлениями.

Вид занятия: Практическое занятие

Межпредметные связи:

Обеспечивающие: Техническая механика, инженерная графика

Обеспечиваемые: курсовое и дипломное проектирование

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Аркуша А.И. Техническая механика. – Москва, Высшая школа, 2012.

2. Олофинская В.П. Техническая механика. Сборник тестовых заданий. – Москва, Форум, Инфра М, 2014.

Дополнительная литература:

1. Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике. - М.: Высшая школа, 2012.

2. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. М.: Высшая школа, 2012.

3. Ицкович Г.М. Минин М.С., Винокуров А.И. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. – М.: Высшая школа, 2013.

Лабораторная работа №6

Тема: Определение параметров зубчатых колес с помощью замеров

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

Теоретические сведения

Поверхности взаимодействующих зубьев колес должны обеспечить постоянство передаточного числа ($U = \text{const}$). 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 O_1O_2 на части, обратно пропорциональные угловым скоростям (рис.1). Математически теорема зацепления имеет вид: $U = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{O_2\Pi}{O_1\Pi}$.

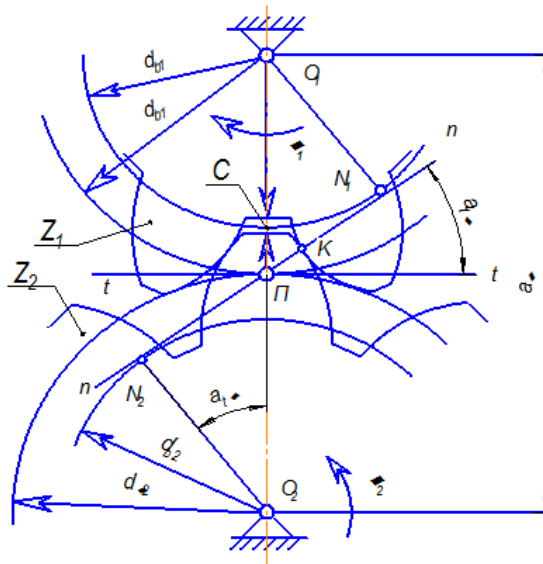


Рисунок 1- Зацепление эвольвентных зубчатых колес

Из возможных профилей зубьев, удовлетворяющих основной теореме зацепления, наибольшее применение получило эвольвентное зацепление благодаря технологичности и достаточно высокой несущей способности. Эвольвента окружности образуется точкой K на прямых N_1K и N_2K при качении их без скольжения по окружностям с диаметрами d_{b1} и d_{b2} . Эти окружности называются основными. Линия N_1N_2 , по которой перемещается общая точка контакта K профилей зубьев при вращении колес – линия зацепления. Угол между линией зацепления и прямой $t-t$, перпендикулярной к межосевой линии O_1O_2 называется углом зацепления α_{tw} . Для колес без смещения угол зацепления $\alpha_w = 20^\circ$.

При вращении зацепляющихся зубчатых колес окружности радиусов O_1P и O_2P перекатываются одна по другой без скольжения. Данные окружности называются начальными, их диаметр $d_{\omega 1}$ и $d_{\omega 2}$. Эти окружности являются сопряженными, т.е. понятие начальных окружностей относится только к паре колес находящихся в зацеплении. При изменении межосевого расстояния $O_1 O_2$ 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 e .

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

$$m = \frac{P}{\pi}.$$

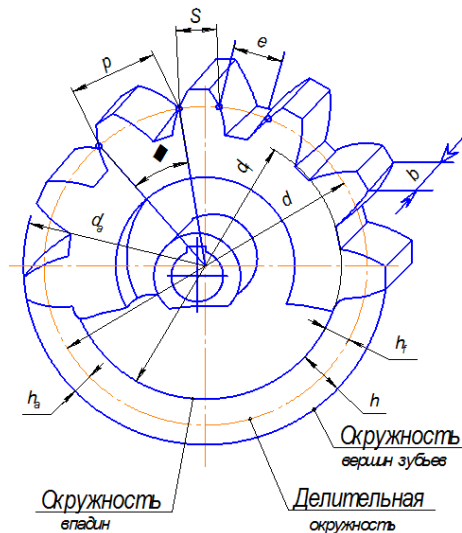


Рисунок 2- Геометрические параметры цилиндрического колеса с прямыми зубьями

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

$$d = \frac{Pz}{\pi} = mz.$$

где z - число зубьев зубчатого колеса.

Окружность, ограничивающая высоту зубьев – окружность вершин зубьев; её диаметр обозначается d_a . Окружность, ограничивающая глубину впадин, – окружность впадин зубьев, её диаметр обозначается d_f .

Таблица 1 - Модули зубьев зубчатых колес

Ряды предпочтительных чисел	Модуль зацепления m , мм												
	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16
1-й ряд													
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 P_b по основной окружности (длине дуги). Из треугольника O радиус основной окружности равен

$$0,5d_b = 0,5 \cdot d \cos \alpha_w;$$

шаг по основной окружности будет равен

$$P_b = P \cos \alpha_w.$$

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 P_b по основной окружности.

Основные параметры и размеры зубчатого колеса:

z – число зубьев колеса;

m – модуль зацепления;

α_w - угол зацепления (для колес с нормальным исходным контуром $\alpha_w = 20^\circ$);

$h_a = m$ – высота головки зуба;

$h_f = 1,25 \cdot m$ – высота ножки зуба;

p – окружной шаг зацепления (по делительной окружности);

p_b - шаг зубьев по основной окружности;

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

x - коэффициент смещения.

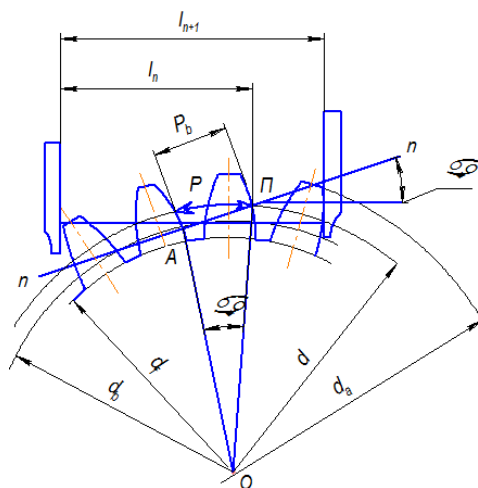


Рисунок 3 - Измерение шага зацепления по основной окружности колеса

Ход работы

Методика проведения исследований и обработка результатов

1. Подсчитать число зубьев колеса.
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

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

3. Охватив штангенциркулем n зубьев колеса, измерить размер l_n 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. Определить расчетное значение модуля зацепления:

$$m' = \frac{P_{\text{вср}}}{\pi \cos \alpha_w}$$

5. Полученное значение модуля зацепления m' округлить до ближайшего стандартного значения m (табл. 1).

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

7. Измерить штангенциркулем диаметры выступов d_a и впадин d_f зубьев колеса, занеся полученные значения в табл. 5. Размеры d_a и d_f при четном числе зубьев Z измеряются штангенциркулем непосредствен, как показано на рис. 4,а. При нечетном числе зубьев Z сначала измеряется диаметр отверстия колеса $d_{отв}$, а затем расстояние от отверстия до окружности вершин l_a и до окружности впадин l_f зубьев (рис. 4,б), при этом диаметры вершин и впадин зубьев получаются суммированием диаметра отверстия и расстояния от отверстия до соответствующей окружности зуба.

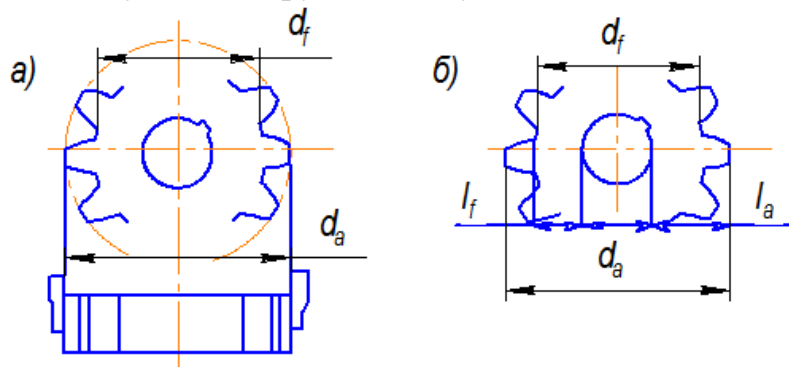


Рисунок 4- Измерение диаметров выступов и впадин зубчатого колеса:
а – при четном; б – при нечетном числе зубьев

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

$$X = \frac{\frac{S_B}{P_B} \cdot \pi - \frac{\pi}{2} - z \cdot \text{inv} \alpha_\omega}{2 \text{tg} \alpha_\omega},$$

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 $x=0$.

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

$$S = m \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2 \cdot x \cdot \text{tg} \alpha_\omega \right).$$

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

$$\beta = \frac{180^\circ \cdot (1 + 0,463x)}{2Z}.$$

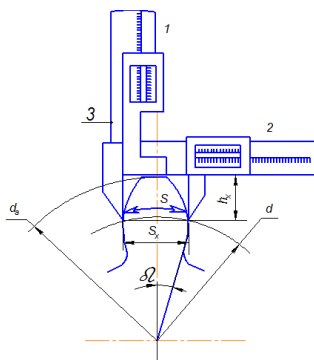


Рисунок 5- Измерение толщины зуба по хорде делительной окружности

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

$$h_x = \frac{d_a - d \cos \alpha_w}{2},$$

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

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

$$S_x = d \cdot \sin \beta.$$

13. Измерить штангензубомером толщину зуба по хорде делительной окружности $S_{хизм}$. (рис. 5). Полученное значение $S_{хизм}$ сравнить с расчетным значением S_x .

Примечание: штангензубомер имеет две шкалы 1 и 2 с нониусами. Шкала 1 служит для замера радиального расстояния h_x от окружности головок зубьев до измеряемой хорды, шкала 2 служит для замера толщины зуба по хорде. По шкале 1 перемещается установочная пластина 3. До начала замера установочную пластину 3 фиксируем на расстоянии h_x . 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 $S_{хизм}$.

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 - Замер шага зубьев по основной окружности зубчатого колеса.

Таблица 3

Номер замера	Расстояние между n зубьями l_n , мм	Расстояние между $(n+1)$ зубом l_{n+1} , мм	Измерение значение шага зубьев по основной окружности $P_{виз} = l_{n+1} - l_n$, мм
1			
2			
3			
Среднее значение	$l_{ср}$	$l_{n+1 ср}$	$P_{в ср}$

4. Определение геометрических размеров зубчатого колеса табл. 4.

Таблица 4

№ n/n	Геометрический размер зубчатого колеса	Расчетная формула
1	Шаг зубьев по делительной окружности	$p = \pi \cdot m$
2	Шаг зубьев по основной окружности	$p_B = \pi \cdot m \cdot \cos \alpha_w$
3	Диаметр делительной окружности	$d = mz$
4	Диаметр основной окружности	$d_B = d \cdot \cos \alpha_w$
5	Диаметр вершин (головок) зубьев	$d_a = d + 2m$
6	Диаметр впадин (ножек) зубьев	$d_f = d - 2,5m$
7	Толщина зуба по основной окружности	$S_B = l_{n+1} - n \cdot P_B$

5. Таблица 5 замеров диаметров выступов и впадин зубьев колеса.

Таблица 5

Номер замера	Диаметры вершин d_a и впадин d_f зубьев						
	Четное число Z зубьев колеса		Нечетное число Z зубьев колеса				
	d_a , мм	d_f , мм	$d_{отв}$, мм	l_a , мм	l_f , мм	$d_a = d_{отв} + 2l_a$	$d_f = d_{отв} + 2l_f$
1							
2							
3							
Среднее значение	$d_{a\text{ ср}}$	$d_{f\text{ ср}}$	$d_{отв\text{ ср}}$	$l_{a\text{ ср}}$	$l_{f\text{ ср}}$	$d_{a\text{ ср}}$	$d_{f\text{ ср}}$

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

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

Задание для самостоятельной работы:

1. Оформить лабораторную работу.

Фотографии отчета прислать в личном сообщении ВК
<https://vk.com/id139705283>

На фотографиях сверху должна быть фамилия, дата выдачи задания, группа, дисциплина. Например: «Иванов И.И, **24.10.2022г.** , группа ХКМ 3/1, Техническая механика».