6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Передачей называется механизм, служащий для передачи или преобразования вращательного движения. Зубчатые передачи подразделяются на два основных вида: зубчатые механизмы с неподвижными осями всех колес и механизмы, у которых оси некоторых колес перемещаются в пространстве относительно стойки.

6.1. Зубчатые передачи с неподвижными осями колес

Передаточным отношением зубчатой передачи называется отношение угловой скорости вала, принятого за входной, к угловой скорости вала, принятого за выходной, т. е.

$$u_{1k} = \frac{\omega_1}{\omega_k},\ или\ u_{1k} = \frac{n_1}{n_k},\ так\,как\ \omega = \frac{\pi n}{30} \qquad (6.1)$$

Зубчатые передачи могут быть одноступенчатыми и многоступенчатыми. Передаточное отношение многоступенчатой передачи равно произведению передаточных отношений отдельных ступеней. Количество ступеней равно числу неподвижных осей минус единица.

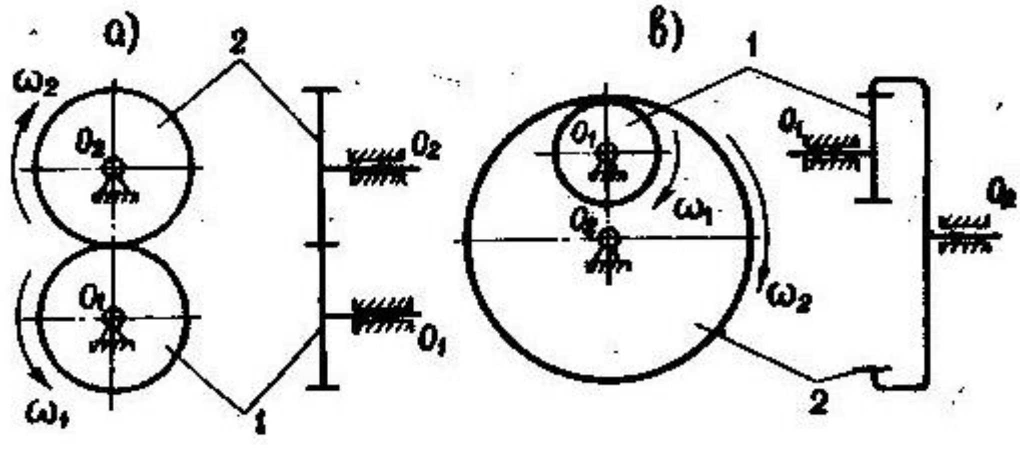

Рис. 6.1. Схемы, зацеплений зубчатых колес:

а) внешнего; б) внутреннего

$$u_{1k} = u_{12} \cdot u_{23} \cdot \ldots \cdot u_{(k-1)k} \tag{6.2}$$

Одноступенчатые передачи делятся на передачи с внешним зацеплением (рис. 6.1 а) и с внутренним зацеплением (рис. 6.1 б).

$u_{12} = \dfrac{\omega_1}{\omega_2} = -\dfrac{z_2}{z_1} = -\dfrac{r_2}{r_1}$ - для внешнего зацепления;

$u_{12} = \dfrac{\omega_1}{\omega_2} = \dfrac{z_2}{z_1} = \dfrac{r_2}{r_1}$ - для внутреннего зацепления.

Имея схему передачи и зная числа зубьев или радиусы начальных окружностей колес, можно всегда определить общее передаточное отношение редуктора.

6.2 Проектирование планетарных передач

Такие многозвенные зубчатые механизмы обязательно имеют колеса с подвижными осями, которые называют сателлитами. Подвижное звено, в котором закреплена ось сателлита, называется водилом. Колеса, геометрические оси которых неподвижные, называют центральными. Неподвижное центральное колесо называется опорным. Планетарные механизмы получили широкое применение в силовых передачах средней и большей мощности при высоком КПД (0,96 ... 0,98). Наличие нескольких сателлитов позволяет значительно снизить габариты, улучшить уравновешивание, разгрузить опоры центральных колес и водила, уменьшить массу по сравнению с другими видами передач при тех же передаточных отношениях.

6.2.1. Передаточное отношение планетарной передачи

Передаточным отношением планетарной передачи является отношение угловых скоростей на входном и выходном валах, которое обычно выражают через числа зубьев колес. Выпишем формулы без вывода для определения передаточного отношения для обоих схем, представленных на рис. 6.1,

$$u_{1H}^{(3)} = \frac{\omega_1}{\omega_{1H}} = 1 - U_{13}^H = 1 + \frac{z_2}{z_1}$$ для схемы а; (6.3)

$$u_{1H}^{(3)} = \frac{\omega_1}{\omega_{1H}} = 1 - u_{13}^H = 1 + \frac{z_2}{z_1}\frac{z^3}{z_2'}$$ для схемы б. (6.4)

Обозначение $u_{1H}^{(3)}$ соответствует передаточному отношению планетарной передачи от входного колеса 1 к выходному звену (водилу) при неподвижном (опорном) колесе 3. Обозначение $u_{1H}^{(3)}$ соответствует передаточному отношению зубчатой передачи от входного звена 1 к выходному звену 3 при неподвижном звене *H*.

6.2.2. Определение числа зубьев планетарной передачи

В исходных данных курсового проекта числа зубьев колес не заданы и их необходимо найти на стадии проектирования кинематической схемы. В формулах 6.3 и 6.4 известной величиной является только передаточное отношение, поэтому нахождение чисел зубьев является задачей «неопределенной», допускающей большое число вариантов. Чтобы решение было однозначным, наложим такие ограничения:

1. Числа зубьев z_1, z_2, z_3, ... должны быть целыми числами, а модули всех колес одинаковыми.

2. Все зубчатые колеса должны быть нулевыми (неисправленными). А это значит, что во избежание подреза ножки зуба для колес с внешним зацеплением $z_1 \geq z_{\min} = 17$, для колес с внутренним зацеплением $z_3 \geq z_{\min} = 85$ в обоих случаях $h_a = 1,\ z_2 = z_2' \geq 20$.

3. Оси центральных колес и водила должны совпадать между собой, т. е. должно соблюдаться условие соосности, которое выражается так:

$$z_1 + 2z_2 = z_3 \qquad \text{- для схемы а;} \qquad (6.5)$$

$$z_1 + z_2 = z_3 - z_2' \qquad \text{- для } \textit{схемы б}. \qquad (6.6)$$

4. Сателлиты должны быть расположены с таким окружным шагом, чтобы между окружностями вершин соседних сателлитов обеспечивался гарантированный зазор - условие соседства**:**

$$\sin\left(180^0 / k\right) > (z_1 + 2)/(z_1 + z_2) \qquad (6.7)$$

где k - число сателлитов.

Для схемы *б* вместо z_2 следует подставлять z_2', если $z_2' > z_2$.

5. Сборка сателлитов должна осуществляться без натягов при равных окружных шагах между ними. Это возможно при выполнении следующего условия:

$$(z_1 + z_3)/k = C \qquad (6.8)$$

где C = 1, 2, ... - целое число.

Пример. Подобрать числа зубьев z_1, z_2, z_3 для передачи (рис. 6.2 а) с передаточным отношением $u_{1H} = 5.6$.

Задаемся числом зубьев z_1, из ряда z_1 = 17, 18, 19, 20. Пусть z_1 **=** 18. Число зубьев z_3 найдем из выражения (6.3) $u_{1H}^{(3)} - 1 = \dfrac{z_3}{z_2}$ откуда $z_3 = z_1\,(u_{1H} - 1)$ =18(5,6-1)=82,8. Условие $z_3 > z_{\min} = 85$ не выполняется, поэтому задаемся новым числом зубьев z_1**.** Пусть $z_1 = 19$**,** тогда $z_3 = z_1(u_{1H} - 1) = 19(5.6 - 1)$**.** Округляем 23 до целого, чтобы z_3 было бы одинаковой четности с z_1 т. е. z_3=86. Из условия соосности (6.5) найдем z_2 $z_2 = (z_3 - z_1)/2 = (87 - 19)/2 = 34$.

Из условия соседства (6.7) определяем возможное число сателлитов в механизме

$$k \le \frac{180^0}{\arcsin\dfrac{z_2 + 2}{z_1 + z_2}} \le \frac{180^0}{\arcsin\dfrac{34 + 2}{19 + 34}} \le 4{,}2$$

Значит, для этого механизма число сателлитов может быть взято равное 2, 3 и 4. Принимаем $k = 4$. Проверяем условие сборки из выражения (6.8) $(z_1 + z_3)/k$, $(19 + 87)/4 = 26.5$. Число в ответе получилось не целое, значит, при этих числах зубьев механизм без натягов не соберется. Назначаем новое число зубьев z_1. Пусть $z_1 = 20$

$$z_3 = z_1(u_{1H} - 1) = 20(5.6 - 1) = 92,$$
$$z_2 = (z_3 - z_1)/2 = (92 - 20)/2 = 36$$

Находим возможное число сателлитов:

$$k \le \frac{180^0}{\arcsin \dfrac{z_2 + 2}{z_1 + z_2}} \le \frac{180^0}{\arcsin \dfrac{36 + 2}{20 + 36}} \le 4{,}2$$

Принимаем $k = 4$ и проверяем условие сборки $(z_1 + z_3)/k = C$, (20+92)/4=28. Все условия выполняются, значит, окончательно принимаем $z_1 = 20,\ z_2 = 36, z_3 = 92$.