

ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ СМЕЩЕНИЯ, ПРИ ЗАДАННЫХ УСЛОВИЯХ, ДЛЯ ЗУБЧАТОЙ ПЛАНЕТАРНОЙ ПЕРЕДАЧИ ТИПА 2К-Н

Мерко А.М., Смишко Д.В.

Научные руководители – доцент Колотов А. В., доцент Митяев А.Е.

Сибирский федеральный университет

В настоящей работе рассматривается задача об определении областей совместного выбора коэффициентов смещения для зубчатой передачи типа 2К-н при заданных условиях.

Числа зубьев, модули и коэффициенты смещения, в планетарных механизмах типа 2К-н (имеющим одно внешнее и одно внутреннее зацепление) должны быть согласованы между собой.

Условие соосности для таких редукторов имеет вид:

$$\frac{z_1 + z_2}{\cos \alpha_{w_{12}}} = \frac{z_3 - z_2}{\cos \alpha_{w_{23}}} \quad (1)$$

Для соблюдения этого условия требуется согласовать числа зубьев – z и коэффициенты смещения – x у трех колес. Коэффициенты смещения, подобранные по БК (по ранее существующим методикам) для внешнего и внутреннего зацеплений независимо друг от друга, могут оказаться непригодными, даже если будет удовлетворено условие (1), так как в двух независимо проведенных расчетах для каждого из этих зацеплений диаметры вершин сателлита d_{a_2} получатся в большинстве случаев различными, но один и тот же сателлит не может иметь одновременно два различных диаметра d_{a_2} . Необходимо назначать либо один из двух полученных размеров, либо промежуточный размер, т.е. отступить от системы расчета, соответствующей тем БК, по которым были выбраны коэффициенты смещения. Контуры стали «недействительными», и возникает необходимость провести полную проверку геометрических показателей качества передачи.

Рассмотрим следующий пример применения объемного блокирующего контура: требуется определить область совместного выбора коэффициентов смещения для зубчатой передачи 2К-н из условий: угол зацепления – α_{w} во всех зацеплениях наибольший, подрез зубьев недопустим, межосевое расстояние в зацеплениях жестко задано, мм: $a_w^{12} = 52$, $a_w^{23} = 52$.

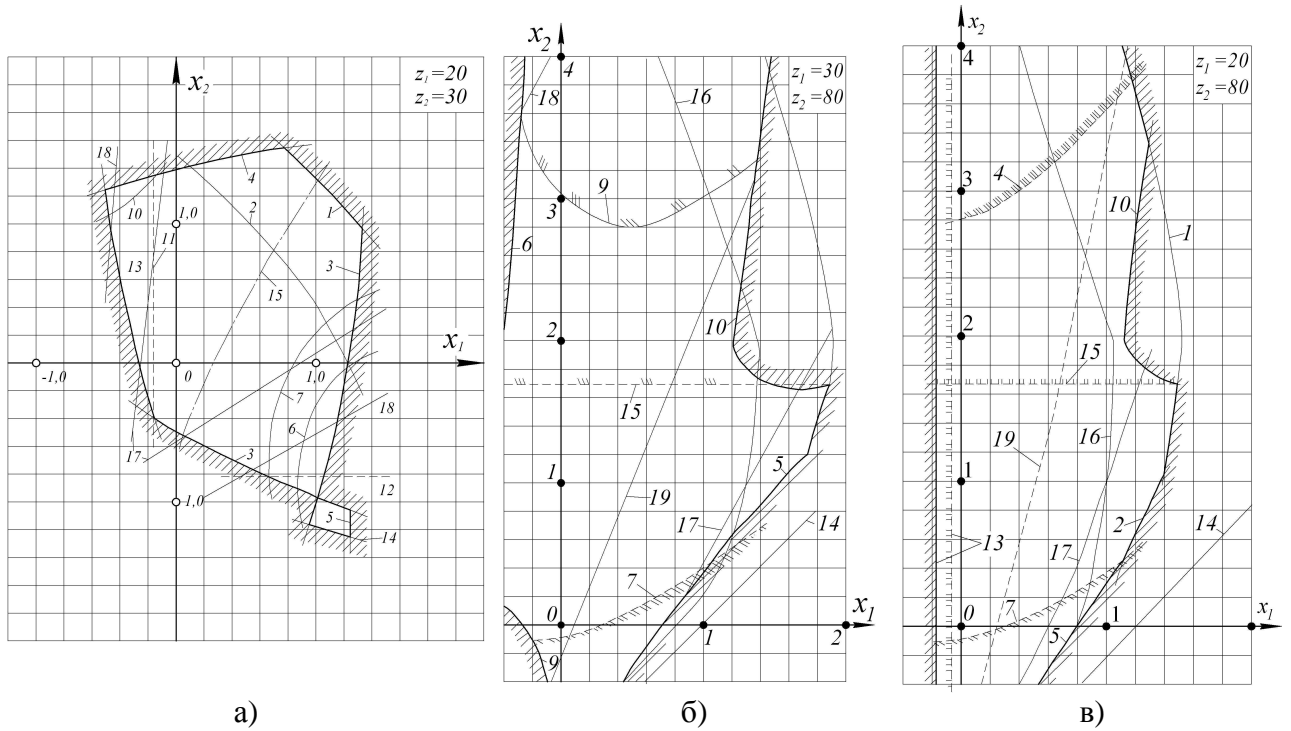
Как известно для достижения заданных условий, а именно для получения максимального угла зацепления, выбор величин коэффициентов смещения x_i должен осуществляться в области положительных значений объемного блокирующего контура, которая в свою очередь ограничена изолиниями коэффициентов торцового перекрытия $\varepsilon_\alpha \geq 1.2$ и $\varepsilon_\alpha \geq 1.4$ на плоских блокирующих контурах рис.1.

Проецированием плоских блокирующих контуров до их пересечения в глобальной системе координат $X_1X_2X_3$, получаем объемный блокирующий контур для зубчатой планетарной передачи типа 2К-н сформированный безусловными граничными поверхностями.

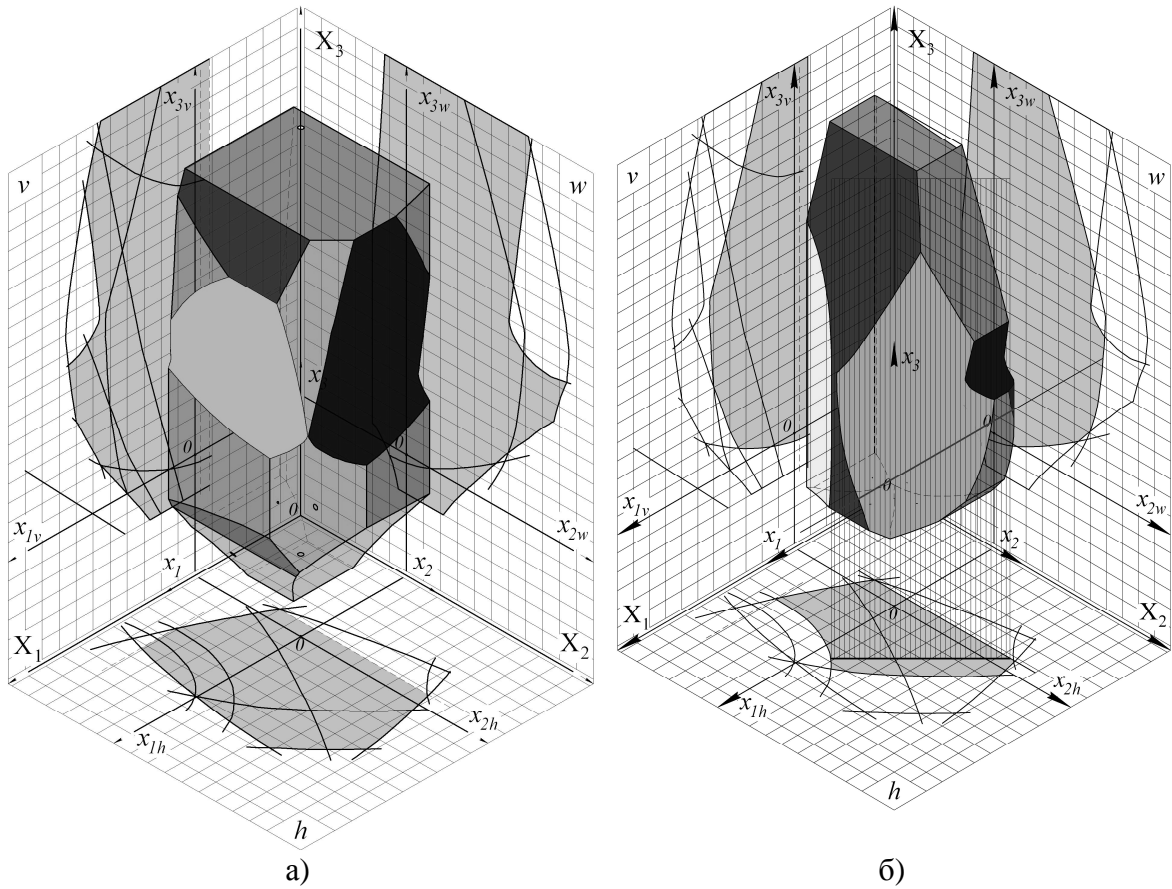
На рисунке 2,а изображен блокирующий контур передачи 2К-н ограниченный безусловными границами, а на рисунке 2,б имеющий ограничения:

- подрез зуба $x_1 \geq x_{1\min}$ в зацеплениях z_1-z_3 и z_1-z_2 исключен;
- ограничение по заострению для всех зацеплений $s_{a_i}^{12} = 0.4$;

– коэффициенты торцового перекрытия для всех зацеплений $\varepsilon_\alpha \geq 1.2$.



а) б) в)
Рис. 1 – Плоские блокирующие контура для зубчатых зацеплений, входящих в состав передачи 2К-н



а) б)
Рис. 2 – Объемный блокирующий контур передачи типа 2К-н

Обеспечение заданных критериев показателей качества достигается наложением на координатные плоскости (рис. 2, б) двух линий характеризующих суммарные коэффициенты смещения для внешнего $x_{z_{12}} = x_1 + x_2$ (плоскость h), и внутреннего $x_d = x_2 - x_1$ (плоскость w) зацеплений, которые в равной мере соответствуют α_{tw} и a_w . Это является очевидным вследствие того, что формулы для определения межосевого расстояния имеют вид: $a_w = \frac{(z_1 + z_2) \cdot m \cdot \cos \alpha_t}{2 \cdot \cos \beta \cdot \cos \alpha_{tw}}$ для внешнего и $a_w = \frac{(z_2 - z_1) \cdot m \cdot \cos \alpha_t}{2 \cdot \cos \beta \cdot \cos \alpha_{tw}}$ для внутреннего зацепления соответственно.

Пересечение поверхностей суммарных коэффициентов смещений происходит по линии, расположенной внутри объемного блокирующего контура. Совокупность точек принадлежащих этой линии определяет диапазоны коэффициентов относительного смещения для каждого колеса передачи 2К-н. Следовательно, проецируя линию пересечения поверхностей характеризующих суммарные коэффициенты смещения на плоскости h , w , и v получаем диапазоны значений коэффициентов относительного смещения $x_1 = -0.096 \div 1.15$ мм, $x_2 = -0.016 \div 1.23$ мм и $x_3 = 1.118 \div 2.364$ мм зубчатых колес планетарной передачи типа 2К-н с числами зубьев $z_1 = 20$, $z_2 = 30$ и $z_3 = 80$ (модуль $m = 2$; угол наклона $\beta = 0$; угол профиля $\alpha = 20^\circ$, коэффициент высоты головки $h_a^* = 1.0$, коэффициент высоты ножки $h_f^* = 1.25$, коэффициент радиального зазора $c = 0.25$, коэффициент радиуса кривизны переходной кривой $\rho_f^* = 0.38$), которые обеспечивают гарантированное выполнение условия соосности, вписывание в требуемые межосевые расстояния $a_w = 52$ мм. и позволяют получать однозначные решения в случае использования ОБК.

Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет зубчатой передачи 2К-н

Наименование параметра	колесо		
	z_1	z_2	z_3
<i>Исходные данные</i>			
Число зубьев	20	30	80
Модуль, мм	2.000		
Угол наклона зубьев, $^\circ$	0 ⁰ 00'00"		
Угол профиля исходного контура, $^\circ$	20 ⁰ 00'00"		
Коэффициент высоты головки зуба	1.000		
Коэффициент радиального зазора	0.250		
Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой	0.380		
Ширина зубчатого венца, мм	38.000		
Межосевое расстояние для зацепления, мм:	$z_1 z_2$	52	
	$z_2 z_3$		
<i>Определяемые параметры</i>			
Передаточное число в зацеплении:	$z_1 z_2$	1,50	
	$z_2 z_3$	2,666	
Коэффициент смещения исходного контура	0.5	0.634	1.768
Делительный диаметр, мм	40.000	60.000	160.000
Диаметр вершин зубьев, мм	45.464	66.000	162.652
Диаметр впадин зубьев, мм	37.000	57.536	171.159

Продолжение таблицы 1

Диаметр начальной окружности, мм	41.600	62.400	166.400
Угол зацепления, °	25°22'16"		
<i>Контролируемые и измеряемые параметры</i>			
Постоянная хорда, мм	3.417	3.589	5.047
Высота до постоянной хорды, мм	2.110	2.347	-2.244
Радиус кривизны профиля R_{os} , мм	8.658	12.170	24.676
Радиус кривизны активного профиля зубьев в нижней точке R_{op} , мм	5.126	9.493	39.588
Условие $R_{os} > R_{op}$	выполнено		
Число зубьев в длине общей нормали	3	5	12
Длина общей нормали, мм	16.005	28.277	72.559
Радиус кривизны профиля R_{ow} , мм	8.002	14.138	36,279
Радиус кривизны профиля R_{oa} , мм	12.788	17.155	31.025
Условие $R_{ow} < R_{oa}$	выполнено		
Диаметр ролика D_r , мм	3.4640		
Угол профиля на окружности центра ролика, °	28°43'40"	27°14'09"	24°21'06"
Диаметр окружности через центр ролика, мм	42.864	63.412	165.034
Радиус кривизны профиля R_{om} , мм	8.569	12.778	35.757
Условие $R_{om} < R_{oa}$	выполнено		
Размер по роликам, мм	46.328	66.876	161.570
Условие $D_d + D_r > D_a$	выполнено		
Условие $D_d - D_r < D_f$	выполнено		
Нормальная толщина, мм	3.870	4.065	0.568
<i>Проверка качества зацепления по геометрическим показателям</i>			
Коэффициент наименьшего смещения x_{min}	-0.170	-0.755	---
Условие $x > x_{min}$	выполнено		
Радиус кривизны в граничной точке профиля R_{ol} , мм	3.917	8.120	40.697
Условие отсутствия интерференции $R_{ol} < R_{op}$	выполнено		
Условие отсутствия подрезания $R_{ol} > 0$	выполнено		
Нормальная толщина на поверхности вершин, мм	1.304	1.372	1.616
Коэффициент перекрытия в зацеплении	$z_1 z_2$	1.298	
	$z_2 z_3$	1.450	

Анализ таблицы 1 показывает, что все геометрические показатели качества зацеплений находятся в областях их рационального сочетания для приведенного примера.

В результате представленных действий определены области совместного существования параметров, характеризующих соответствующие показатели качества зацепления зубчатых передач со связанными зубчатыми цилиндрическими колесами внешнего и внутреннего зацеплений при использовании метода построения объемного блокирующего контура, позволяющие конструктору-проектировщику быстро анализировать и принимать решения, обеспечивающие заданные эксплуатационные характеристики проектируемых приводов. Подобная методика значительно сокращает время, затраченное на исследование и проектирование зубчатых планетарных механизмов, имеющих в своем составе сателлиты с различным числом зубьев.