
УДК 621.824.43

А. А. Жолобов, К. А. Шалыжин, А. М. Федоренко, Е. Ю. Демиденко

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОБИРАЕМОСТИ ШЛИЦЕВЫХ СОПРЯЖЕНИЙ

UDC 621.824.43

A. A. Zholobov, K. A. Shalyzhin, A. M. Fedorenko, Y. Y. Demidenko

THE INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF TRAFFIC LIGHTS UPON THE PTS OPERATION

Аннотация

Представлена методика определения собираемости прямобочного и эвольвентного шлицевых сопряжений, позволяющая выявить условия собираемости шлицевых сопряжений по боковым сторонам шлицев. Выведены зависимости, на основании которых можно прогнозировать конкретные значения зазоров и натягов в сопряжениях.

Ключевые слова:

прямобочные шлицевые соединения, эвольвентные шлицевые соединения, образующая боковой поверхности шлица, математическая модель, собираемость.

Abstract

The methods are presented for defining the assemblability of straight-sided and involute spline joints, which determine the conditions of assemblability of splined joints along the sides of splines. The dependences are drawn based on which one can predict specific values of gaps and negative allowances in joints.

Key words:

straight-sided spline joints, involute spline joints, forming line of the spline side, mathematical model, assemblability.

Шлицевые соединения являются одним из распространенных видов соединений деталей машин. Они предназначены для передачи крутящего момента между ступицей и валом. Одновременно должны обеспечиваться требования точности центрирования, высокой нагрузочной способности при ограниченных габаритах соединения, направленного осевого смещения ступицы относительно вала.

Качество шлицевого соединения определяется возможностью соответствовать указанным требованиям в изделии, в частности, необходимой точности и надёжности. Погрешности размеров, формы, относительного положения функциональных поверхностей соеди-

нения снижают его точность. Так, например, накопленная погрешность шага шлицев по окружности профиля приводит к неравномерности распределения нагрузки между функциональными поверхностями. Условия выполнения и сохранения собираемости прямобочных и эвольвентных шлицевых соединений по боковым поверхностям могут быть основаны на анализе построения и взаимного расположения их образующих в нормальных сечениях.

Образующая боковой поверхности прямобочного шлица на валу или в отверстии теоретически представляет собой прямую линию, а в первом приближении образующая боковой поверхности эвольвентного шлица на валу или в

отверстии – две пересекающиеся прямые линии. Положение этих прямых характеризует точность выполнения шлицевой поверхности. В соответствии с ГОСТ 1139-82 *Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски* и ГОСТ 6033-80 *Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые эвольвентные с углом профиля 30°. Размеры, допуски и измеряемые величины* качество и точность боковой поверхности определяют толщину шлица,

отклонение от симметричности шлица, непараллельность его боковых сторон.

Исходя из вышеизложенного, собираемость прямобочного и эвольвентного шлицевого соединения по боковым сторонам шлица будет определяться взаимным положением образующих боковой поверхности шлицевого контура сопрягаемых деталей.

Возможны следующие три случая положения прямых для прямобочных шлиц (рис. 1).

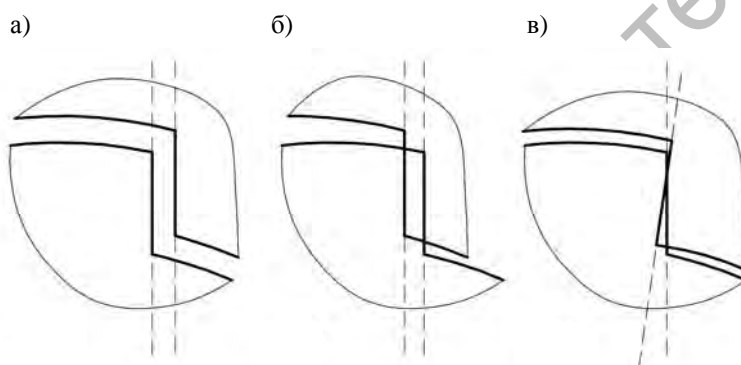


Рис. 1. Схемы расположения образующих боковых сторон: а – образующие параллельны с зазором в соединении; б – образующие параллельны с натягом в соединении; в – образующие пересекаются

В первом случае (см. рис. 1, а) образующие боковых сторон параллельны и расположены так, что между боковыми сторонами шлица на валу и в отверстии втулки образуется зазор, и это характеризуется наличием свободной собираемости шлицевого сопряжения по боковым сторонам шлица.

Во втором случае (см. рис. 1, б) образующие боковых сторон параллельны и расположены так, что между боковыми сторонами шлица на валу и в отверстии втулки образуется натяг, и это характеризуется отсутствием свободной собираемости шлицевого сопряжения по боковым сторонам шлица.

В третьем случае (см. рис. 1, в) образующие боковых сторон пересекаются. При этом, если точка пересечения находится в контуре, образованном внутренним диаметром шлицевого от-

верстия, то, как и в первом случае, шлицевое сопряжение собирается свободно. Если точка пересечения находится за указанным контуром, то, как и во втором случае, шлицевое сопряжение собирается несвободно.

Математические модели собираемости прямобочного шлицевого сопряжения указанных случаев основаны на задании образующих боковых поверхностей минимум по двум принадлежащим им точкам. Координаты этих точек рассчитываются с помощью модели, представленной в [1], и используются без изменений для прогнозирования точности незакалённых шлицевых соединений. В случае прогнозирования точности шлицевых соединений, детали которых подвергаются термообработке и последующему шлифованию, координаты указанных точек изменяются. Для

их расчёта используются коэффициенты, позволяющие учитывать снижение точности при термообработке и повышение точности при шлифовании. Значения коэффициентов установлены в [2]. Так, например, однократное шлифование шлицев после термообработки по сравнению с шлицефрезерованием за два рабочих хода фрезы позволяет снизить величины макроотклонений поверхностей в 1,5...3 раза.

Уравнение образующей, построенной по двум точкам, имеет вид:

$$\frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{y-y_1}{y_2-y_1}, \quad (1)$$

где x, y – аргумент и функция образующей боковой поверхности шлица; x_1, y_1, x_2, y_2 – координаты двух произвольных точек на образующей боковой поверхности шлица.

Для одной из боковых сторон шлицевого сопряжения

$$\frac{x_i-x_{i1}}{x_{i2}-x_{i1}} = \frac{y_i-y_{i1}}{y_{i2}-y_{i1}}; \quad i=\overline{1,2}, \quad (2)$$

где x_i, y_i – аргумент и функция образующей боковой поверхности шлица на валу для $i=1$ и в отверстии для $i=2$; $x_{i1}, y_{i1}, x_{i2}, y_{i2}$ – координаты двух точек на образующей боковой поверхности шлица на валу для $i=1$ и в отверстии для $i=2$.

После приведения уравнения (2) к нормальному виду получается следующее уравнение образующих:

$$A_i x + B_i y + C_i = 0; \quad i=\overline{1,2}, \quad (3)$$

где A_i, B_i, C_i – коэффициенты функции, $A_i = y_{i2} - y_{i1}$, $B_i = x_{i1} - x_{i2}$, $C_i = x_{i2} y_{i1} - x_{i1} y_{i2}$.

С помощью нормальных уравнений образующих боковых поверхностей шлица на валу и в отверстии определяются условия собираемости прямобочного шлицевого соединения по боковым сторонам шлица. Для случая свободной

собираемости шлицевого сопряжения условия собираемости принимают вид:

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{B_1}{B_2}; \quad t_1 = \frac{|C_1|}{\sqrt{A_1^2 + B_1^2}};$$

$$t_2 = \frac{|C_2|}{\sqrt{A_2^2 + B_2^2}}; \quad t_1 < t_2, \quad (4)$$

где t_1, t_2 – расстояние от оси симметрии сопряжения до образующих боковых поверхностей шлица на валу и в отверстии соответственно (рис. 2, а).

Если выполняются условия (4), то в сопряжении между боковыми сторонами образуется зазор Δ , величина которого рассчитывается как

$$\Delta = \frac{|C_2|}{\sqrt{A_2^2 + B_2^2}} - \frac{|C_1|}{\sqrt{A_1^2 + B_1^2}}. \quad (5)$$

Для случая отсутствия свободной собираемости прямобочного шлицевого соединения по боковым сторонам шлица условия определяются в виде

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{B_1}{B_2}; \quad t_1 > t_2, \quad (6)$$

где t_1, t_2 – расстояние от оси симметрии сопряжения до образующих боковых поверхностей шлица на валу и в отверстии соответственно (рис. 2, б).

Если выполняются условия (6), то в сопряжении между боковыми сторонами образуется натяг Δ , величина которого рассчитывается следующим образом:

$$\Delta = \frac{|C_1|}{\sqrt{A_1^2 + B_1^2}} - \frac{|C_2|}{\sqrt{A_2^2 + B_2^2}}. \quad (7)$$

В третьем случае условия собираемости прямобочного шлицевого соединения по боковым сторонам шлица при пересечении их образующих определяются как

$$\frac{A_1}{A_2} \neq \frac{B_1}{B_2}; \quad \begin{cases} A_1 x_0 + B_1 y_0 + C_1 = 0; \\ A_2 x_0 + B_2 y_0 + C_2 = 0, \end{cases} \quad (8)$$

где x_0, y_0 – координаты точки пересечения образующих боковых сторон

шлица на валу и в отверстии.

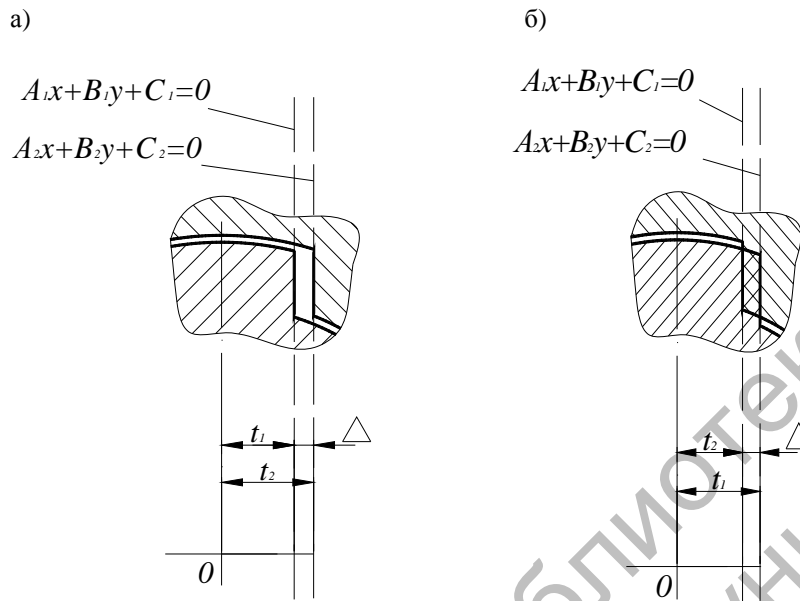


Рис. 2. Схема расположения образующих боковых поверхностей шлица: а – для первого расчётного случая; б – для второго расчётного случая

Из системы уравнений (8) находят величины координат:

$$x_0 = \frac{B_1(A_1C_2 - A_2C_1) - C_1}{A_1(B_1A_2 - B_2A_1)};$$

$$y_0 = \frac{(A_1C_2 - A_2C_1)}{(B_1A_2 - B_2A_1)}.$$

Точка пересечения лежит на некоторой окружности радиусом R с центром в точке симметрии сопряжения. Величина радиуса определяется по координатам x_0, y_0 . При сравнении радиуса R с радиусами внутренней и наружной окружностей сопряжения возможны следующие частные случаи.

1. $R > D/2$, угол наклона образующей боковой поверхности шлица на валу α_1 меньше угла наклона образующей боковой поверхности шлица в отверстии α_2 , т. е. $\alpha_1 < \alpha_2$ (рис. 3, а).

Углы α_1, α_2 рассчитываются сле-

дующим образом:

$$\alpha_1 = \arctg\left(-\frac{A_1}{B_1}\right);$$

$$\alpha_2 = \arctg\left(-\frac{A_2}{B_2}\right). \quad (9)$$

Как видно из расчётной схемы (см. рис. 3, а), в сопряжении образуется зазор Δ , следовательно, обеспечивается собираемость соединения по боковым сторонам шлицев.

2. $R \geq \frac{D}{2}$, угол наклона образую-

щей боковой поверхности шлица на валу α_1 больше угла наклона образующей боковой поверхности шлица в отверстии α_2 , т. е. $\alpha_1 > \alpha_2$ (рис. 3, б). Из расчётной схемы видно, что в сопряжении образуется натяг Δ , следовательно, не обеспечивается свободная собираемость соединения по боковым сторонам шлицев.

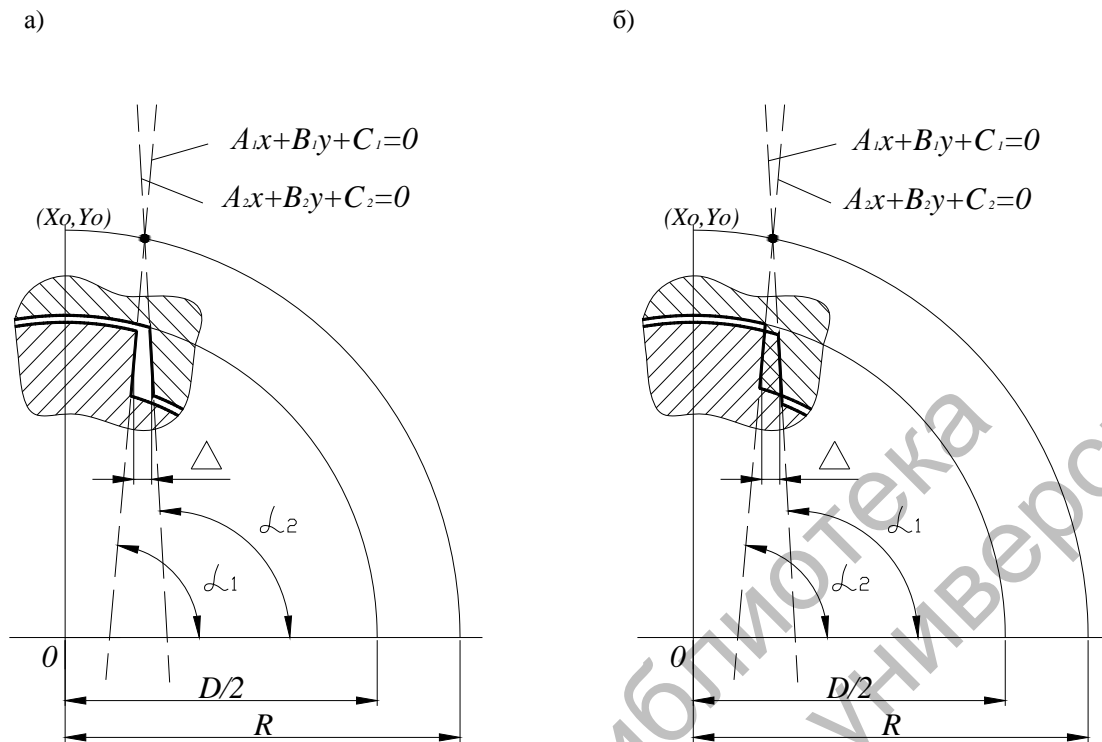


Рис. 3. Схемы определения собираемости при пересечении образующих вне шлицевого контура: а – сопряжение с зазором; б – сопряжение с натягом

3. $R \leq \frac{d}{2}$, угол наклона образующей боковой поверхности шлица на валу α_1 меньше угла наклона образующей боковой поверхности шлица в отверстии α_2 , т. е. $\alpha_1 < \alpha_2$ (рис. 4, а). Как видно из расчётной схемы (см. рис. 4, а), в сопряжении образуется натяг Δ , следовательно, не обеспечивается свободная собираемость соединения по боковым сторонам шлицев.

4. $R < \frac{d}{2}$, угол наклона образующей боковой поверхности шлица на валу α_1 больше угла наклона образующей боковой поверхности шлица в отверстии α_2 , т. е. $\alpha_1 > \alpha_2$ (рис. 4, б). Из расчётной схемы видно, что в сопряжении образуется зазор Δ , следовательно, обеспечивается собираемость соединения по боковым сторонам шлицев.

5. $\frac{d}{2} < R < \frac{D}{2}$ и $\alpha_1 > \alpha_2$ или $\alpha_1 < \alpha_2$.

В данном случае принято, что $\lim|\alpha_1 - \alpha_2| \rightarrow 0$, а величина зазора (натяга) равна 0.

Для определения зазоров и натягов в прямоугольном шлицевом соединении между боковыми сторонами шлица и отверстия при пересечении их образующих рассчитываются координаты точек пересечения образующих боковых сторон шлица на валу и в отверстии с радиусом окружности сопряжения d_{cp} (рис. 5).

В общем виде координаты точек пересечения определяются из системы уравнений

$$\begin{cases} Ax + By + C = 0; \\ x^2 + y^2 = d_{cp}^2 / 4. \end{cases} \quad (10)$$

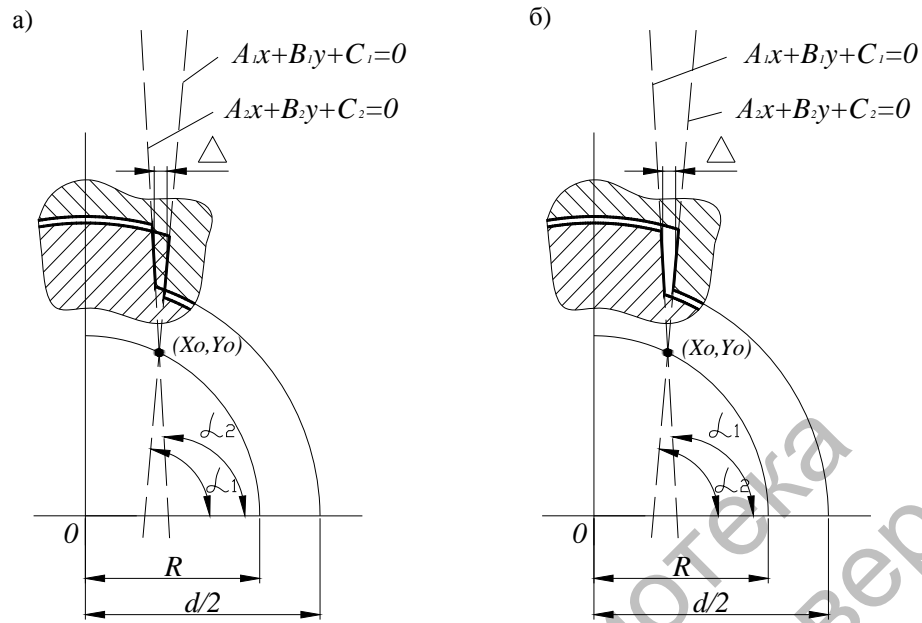


Рис. 4. Схемы определения собираемости при пересечении образующих в шлицевом контуре:
а – сопряжение с натягом; б – сопряжение с зазором

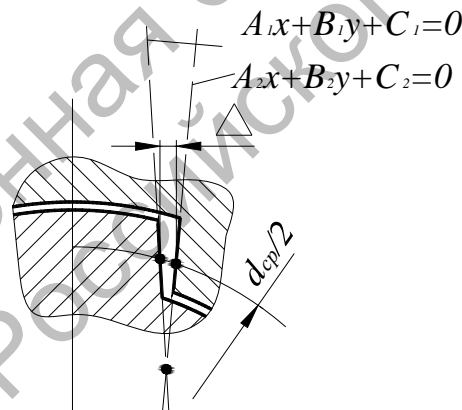


Рис. 5. Схема для определения зазоров (натягов) в шлицевом соединении

С помощью данной системы уравнений для каждой образующей и окружности находятся координаты точек пересечения первой x_1, y_1 и второй x_2, y_2 прямых. В дальнейшем зазор (натяг) рассчитывается как расстояние между точками с полученными координатами:

$$\Delta = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}. \quad (11)$$

При рассмотрении собираемости шлицевых соединений эвольвентного профиля по боковым поверхностям в качестве их образующих в нормальном сечении в первом приближении используются прямые, стягивающие профиль боковых поверхностей и опирающиеся на характерные точки профиля:

- точка пересечения образующей ножки шлица и окружности впадин;
- точка пересечения образующей

профиля и делительной окружности;
 – точка пересечения образующей головки шлица и окружности вершин.

Возможны следующие случаи положения прямых (рис. 6).

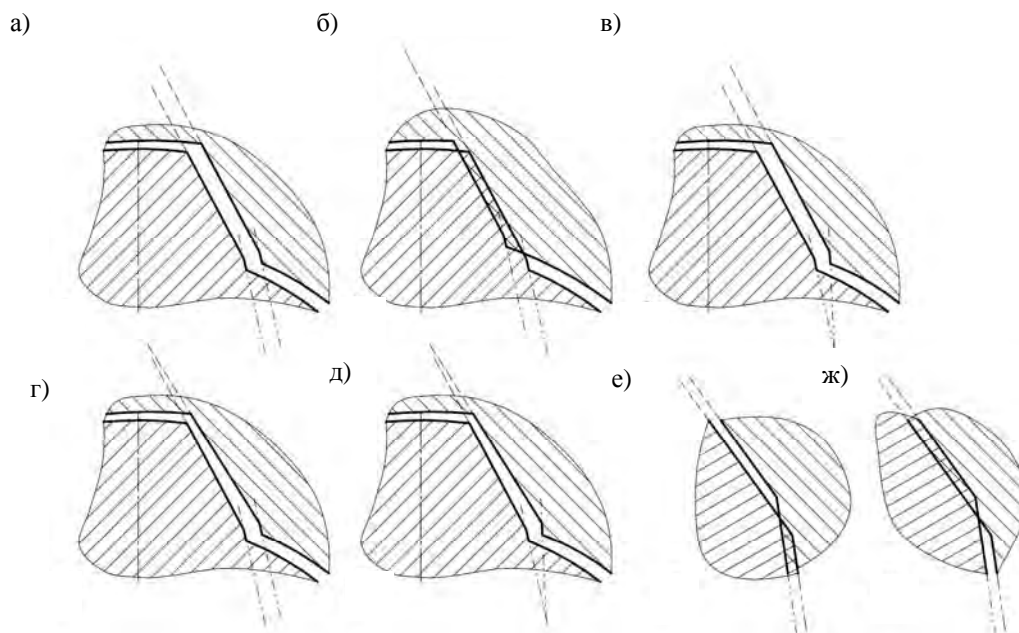


Рис. 6. Схемы расположения образующих боковых сторон эвольвентного профиля: а – образующие параллельны с зазором в соединении; б – образующие параллельны с натягом в соединении; в, г – одни образующие параллельны, другие образующие пересекаются с зазором (натягом) в соединении; д – образующие пересекаются с зазором (натягом) в соединении; е, ж – образующие параллельны с зазором и натягом в соединении

В первом приближении математические модели собираемости эвольвентного шлицевого сопряжения указанных случаев также основаны на задании образующих боковых поверхностей минимум по двум принадлежащим им точкам. Координаты этих точек рассчитываются с помощью модели, представленной ниже.

На участке профиля, ограничивающего один элементарный сектор, выделяются элементарные функции (рис. 7).

Угол, соответствующий профилю одного элементарного шлицевого сектора:

$$\gamma = 2 \cdot \pi / z, \quad (12)$$

где z – число шлицев профиля.

Окружная толщина профиля выступа по окружности вершин

$$S_a = \frac{d_a}{2} \cdot \left(\frac{S}{d/2} + 2 \cdot \text{inv}(30^\circ) - 2 \cdot \text{inv} \left[\arccos \left(\frac{d_b}{d_a} \right) \right] \right), \quad (13)$$

где d_a – диаметр окружности вершин шлиц вала; d – диаметр делительной окружности; d_b – диаметр основной окружности; S – окружная толщина профиля выступа по делительной окружности.

Окружная толщина профиля впадин по окружности впадин:

$$S_f = \frac{d_f}{2} \cdot \left(\frac{S}{d/2} + 2 \cdot \text{inv}(30^\circ) - 2 \cdot \text{inv} \left[\arccos \left(\frac{d_b}{d_f} \right) \right] \right), \quad (14)$$

где d_f – диаметр окружности впадин шлиц вала.

Угол, соответствующий профилю выступа одного элементарного шлицевого сектора по окружности вершин:

$$\varphi_a = 2 \cdot \arcsin(S_a / d_a). \quad (15)$$

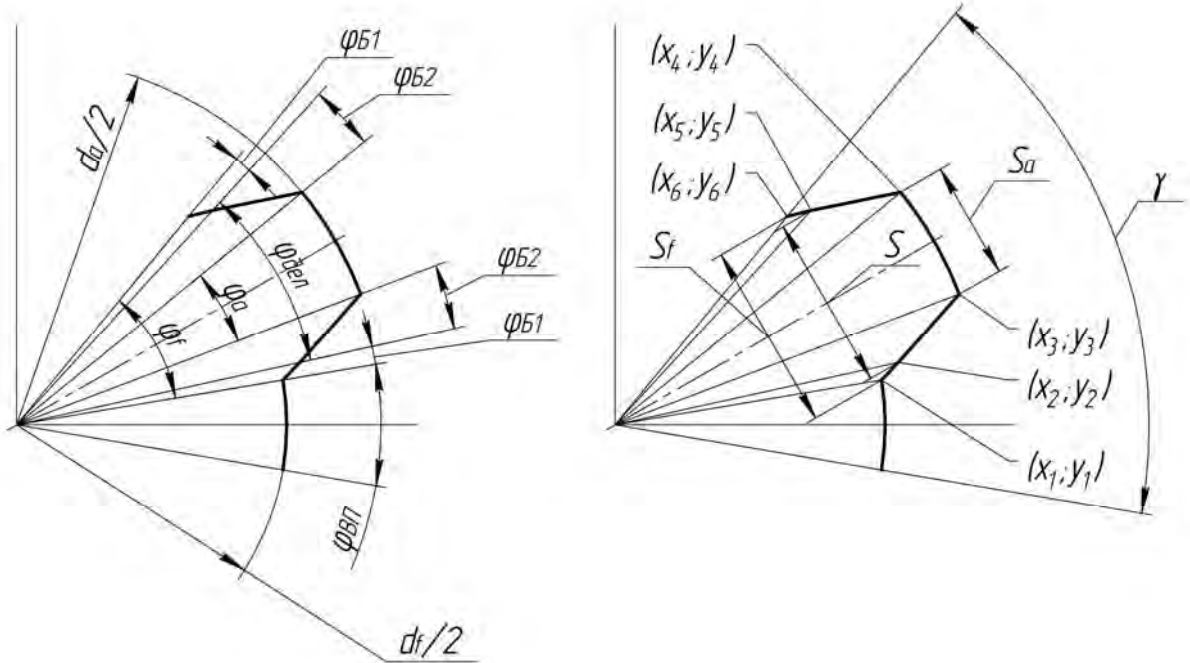


Рис. 7. Эвольвентный шлицевый профиль

Угол, соответствующий профилю впадин одного элементарного шлицевого сектора по окружности впадин:

$$\varphi_f = 2 \cdot \arcsin(S_f / d_f). \quad (16)$$

Угол, соответствующий профилю выступа одного элементарного шлицевого сектора по делительной окружности:

$$\varphi_{дел} = 2 \cdot \arcsin(S / d). \quad (17)$$

Угол, соответствующий профилю впадин одного элементарного шлицевого сектора:

$$\varphi_{ВП} = \gamma - \varphi_f = 2 \cdot \pi / z - 2 \cdot \arcsin(S_f / d_f). \quad (18)$$

Углы, соответствующие профилю боковой стороны элементарного шлицевого сектора:

$$\begin{aligned} \varphi_{B1} &= (\varphi_f - \varphi_{дел}) / 2 = \\ &= \arcsin(S_f / d_f) - \arcsin(S / d); \quad (19) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi_{B2} &= (\varphi_{дел} - \varphi_a) / 2 = \\ &= \arcsin(S / d) - \arcsin(S_a / d_a). \quad (20) \end{aligned}$$

Кусочно-непрерывная функция эвольвентного шлицевого профиля выглядит следующим образом:

$$R(\varphi) = \begin{cases} \frac{d_f}{2}, \text{ если } -\frac{\varphi_{ВП}}{2} + \frac{2 \cdot \pi}{z} \cdot k \leq \varphi \leq \frac{\varphi_{ВП}}{2} + \frac{2 \cdot \pi}{z} \cdot k; \\ \text{B1.1, если } \frac{\varphi_{ВП}}{2} + \frac{2 \cdot \pi}{z} \cdot k \leq \varphi \leq \frac{\varphi_{ВП}}{2} + \varphi_{Б1} + \frac{2 \cdot \pi}{z} \cdot k; \\ \text{B2.1, если } \frac{\varphi_{ВП}}{2} + \varphi_{Б1} + \frac{2 \cdot \pi}{z} \cdot k \leq \varphi \leq \frac{\varphi_{ВП}}{2} + \varphi_{Б1} + \varphi_{Б2} + \frac{2 \cdot \pi}{z} \cdot k; \\ \frac{d_a}{2}, \text{ если } \frac{\varphi_{ВП}}{2} + \varphi_{Б1} + \varphi_{Б2} + \frac{2 \cdot \pi}{z} \cdot k \leq \varphi \leq \frac{\varphi_{ВП}}{2} + \varphi_{Б1} + \varphi_{Б2} + \varphi_a + \frac{2 \cdot \pi}{z} \cdot k; \\ \text{B1.2, если } \frac{\varphi_{ВП}}{2} + \varphi_{Б1} + \varphi_{Б2} + \varphi_a + \frac{2 \cdot \pi}{z} \cdot k \leq \varphi \leq \frac{\varphi_{ВП}}{2} + \varphi_{Б1} + 2\varphi_{Б2} + \varphi_a + \frac{2 \cdot \pi}{z} \cdot k; \\ \text{B2.2, если } \frac{\varphi_{ВП}}{2} + \varphi_{Б1} + 2\varphi_{Б2} + \varphi_a + \frac{2 \cdot \pi}{z} \cdot k \leq \varphi \leq \frac{\varphi_{ВП}}{2} + \varphi_f + \frac{2 \cdot \pi}{z} \cdot k; \end{cases} \quad (21)$$

где $k = 0 \dots (z - 1)$;

B1.1, B2.1, B1.2, B2.2 – уравнения образующих боковых сторон в полярных координатах, определяемые соотношением

$$B = (y_i \cdot x_{i+1} - x_i \cdot y_{i+1}) /$$

$$/(\sin(\varphi) \cdot (x_{i+1} - x_i) - \cos(\varphi) \cdot (y_{i+1} - y_i)), \quad (22)$$

где $(x_i; y_i), (x_{i+1}; y_{i+1})$ – координаты точек образующих боковых сторон, рассчитываемые в полярной системе координат (см. рис. 7):

$$[x_i = R_i \cdot \cos(\varphi_i); y_i = R_i \cdot \sin(\varphi_i)]; \quad (23)$$

$$[x_1 = (d_f/2) \cdot \cos((\varphi_{ВП}/2) + \gamma \cdot k); y_1 = (d_f/2) \cdot \sin((\varphi_{ВП}/2) + \gamma \cdot k)];$$

$$[x_2 = (d/2) \cdot \cos((\varphi_{ВП}/2) + \varphi_{Б1} + \gamma \cdot k); y_2 = (d/2) \cdot \sin((\varphi_{ВП}/2) + \varphi_{Б1} + \gamma \cdot k)];$$

$$[x_3 = (d_a/2) \cdot \cos((\varphi_{ВП}/2) + \varphi_{Б1} + \varphi_{Б2} + \gamma \cdot k); y_3 = (d_a/2) \cdot \sin((\varphi_{ВП}/2) + \varphi_{Б1} + \varphi_{Б2} + \gamma \cdot k)];$$

$$[x_4 = (d_a/2) \cdot \cos((\varphi_{ВП}/2) + \varphi_{Б1} + \varphi_{Б2} + \varphi_a + \gamma \cdot k); y_4 = (d_a/2) \cdot \sin((\varphi_{ВП}/2) + \varphi_{Б1} + \varphi_{Б2} + \varphi_a + \gamma \cdot k)];$$

$$[x_5 = (d/2) \cdot \cos((\varphi_{ВП}/2) + \varphi_{Б1} + 2\varphi_{Б2} + \varphi_a + \gamma \cdot k); y_5 = (d/2) \cdot \sin((\varphi_{ВП}/2) + \varphi_{Б1} + 2\varphi_{Б2} + \varphi_a + \gamma \cdot k)];$$

$$[x_6 = (d_f/2) \cdot \cos((\varphi_{ВП}/2) + \varphi_f + \gamma \cdot k); y_6 = (d_f/2) \cdot \sin((\varphi_{ВП}/2) + 2\varphi_f + \gamma \cdot k)].$$

Полученная функция $R(\varphi)$ позволяет построить любой стандартный эвольвентный шлицевый профиль с учётом принятых приближений (рис. 8).

По аналогии с расчётами для прямобоковых шлицевых соединений проводятся расчёты величины зазоров (натягов) в эвольвентном шлицевом соединении для каждого случая (см. рис. 6).

В первом случае (см. рис. 6, а) величины зазоров при выполнении условий (4) для каждой пары образующих определяются из выражения (5). Возможны три варианта полученных результатов:

$$\Delta_{ЗАЗОР1} = \Delta_{ЗАЗОР2};$$

$$\Delta_{ЗАЗОР1} > \Delta_{ЗАЗОР2};$$

$$\Delta_{ЗАЗОР1} < \Delta_{ЗАЗОР2};$$

Во втором случае (см. рис. 6, б) величины натягов при выполнении условий (6) для каждой пары образующих определяются из выражения (7). Возможны три варианта полученных результатов:

$$\Delta_{НАТЯГ1} = \Delta_{НАТЯГ2};$$

$$\Delta_{НАТЯГ1} > \Delta_{НАТЯГ2};$$

$$\Delta_{НАТЯГ1} < \Delta_{НАТЯГ2};$$

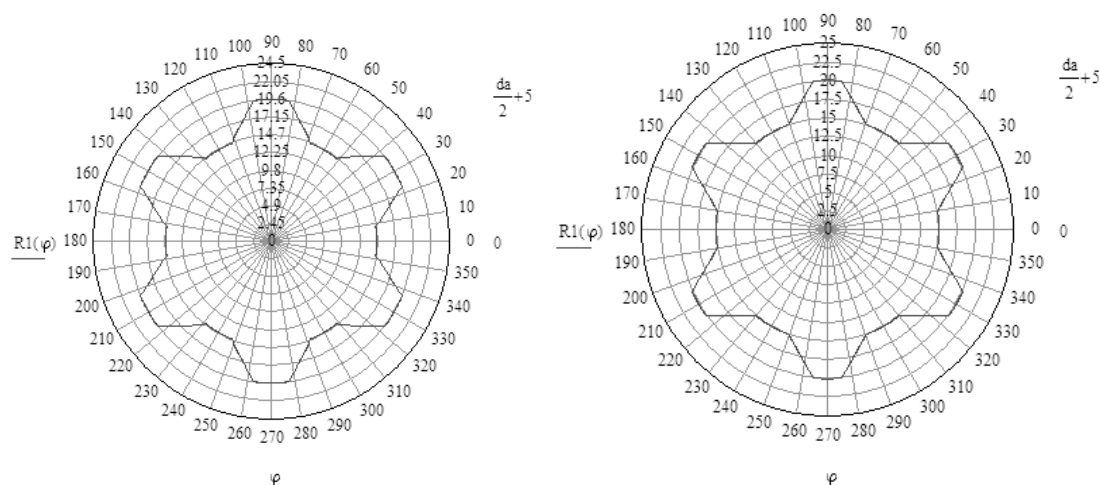


Рис. 8. Пример графика эвольвентного шлицевого профиля вала (справа) и втулки (слева)

В некоторых случаях (см. рис. 6, в, г) величины зазоров (натягов) при выполнении условий (4), (6) для каждой пары параллельных образующих и условий (8) для каждой пары пересекающихся образующих определяются из выражений (5), (7) и (10), (11); в следующем случае (см. рис. 6, д) величины натягов (зазоров) при выполнении условий (8) для каждой пары образующих – из (10) и (11); в остальных случаях (см. рис. 6, е, ж) величины зазоров (натягов) при выполнении условий (4), (6) для каждой пары параллельных образующих – из (5) и (7).

В итоге с помощью функций образующих правой и левой боковых сторон каждого n -го шлица на валу и в отверстии можно оценить собираемость соединения. В качестве критерия оптимальной собираемости выступают

$$\Delta_{\text{ЗАЗОР}} = \sum_1^{2n} \Delta_{\text{ЗАЗОР}i} \rightarrow \max ;$$

$$\Delta_{\text{НАТЯГ}} = \sum_1^{2n} \Delta_{\text{НАТЯГ}i} \rightarrow \min . \quad (24)$$

Для поиска наиболее оптимального взаимного положения вала и отверстия, обеспечивающего выполнение условий собираемости для рассмотренных случаев, определяется возможность по-

ворота вала относительно отверстия на угол

$$\mu = 360/n ; \quad n = 1, 2, \dots, z , \quad (25)$$

где n – количество шлицев, на которое необходимо осуществить поворот.

При этом поворот осуществляется n раз, после чего находится такое взаимное положение вала и отверстия, которое наиболее оптимально по условию (12).

Если установить, что поворот выполняет вал, а отверстие втулки неподвижно, то преобразование координат каждой образующей вала производится с помощью следующего оператора:

$$\begin{cases} x' = x \cos(\mu) + y \sin(\mu); \\ y' = -x \sin(\mu) + y \cos(\mu), \end{cases} \quad (26)$$

где x' , y' – преобразованные при повороте координаты.

Заключение

Описанные математические зависимости позволяют определить собираемость прямоочного и эвольвентного шлицевых сопряжений по боковым сторонам шлица и рассчитать конкретные значения зазоров и натягов в сопряжении.

Указанный подход к определению собираемости справедлив для шлицевых профилей при отсутствии рабочих нагрузок. В процессе же эксплуатации шлицевого соединения под нагрузкой зачастую действие силовых факторов изменяет характер взаимодействия деталей и может привести к снижению точности центрирования соединения. Это изменение обусловлено возникающими перемещениями и деформациями, влияние которых необходимо учиты-

вать для сохранения требуемой точности соединения.

Таким образом, приведённые взаимосвязанные зависимости представляют собой методику прогнозирования, позволяющую устанавливать соответствие геометрических параметров боковых сторон прямобочных и эвольвентных шлицевых соединений с условиями точности и собираемости на этапах их формирования, а также проводить связь собираемости с точностью изготовления шлицевых валов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шалыжин, К. А.** Обеспечение точности изготовления прямобочных шлицевых соединений на основе прогнозирования оптимальных параметров технологической системы : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08: защищена 16.10.09: утв. 30.12.09 / Шалыжин Кирилл Алексеевич. – Могилёв, 2009. – 194 с.
2. **Суслов, А. Г.** Научные основы технологии машиностроения / А. Г. Суслов, А. М. Дальский. – М. : Машиностроение, 2002. – 684 с.

Статья сдана в редакцию 22 января 2013 года

Александр Алексеевич Жолобов, канд. техн. наук, проф., Белорусско-Российский университет. Тел.: 8-0222-23-04-51.

Кирилл Алексеевич Шалыжин, канд. техн. наук, главный инженер ООО «СМИТ-Ярцево».

Алексей Михайлович Федоренко, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет. Тел.: 8-0222-22-95-87.

Егор Юрьевич Демиденко, магистрант, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-259-98-23-22. E-mail: igryck@mail.ru.

Aleksandr Alekseyevich Zholobov, PhD (Engineering), Prof., Belarusian-Russian University. Tel.: 8-0222-23-04-51.

Kirill Alekseyevich Shalyzhin, PhD (Engineering), Chief Engineer of ООО «SMIT-Yartsevo» .

Aleksey Mikhailovich Fedorenko, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University. Tel.: 8-0222-22-95-87.

Yegor Yuryevich Demidenko, Master's degree student, Belarusian-Russian University. Tel.: 8-025-998-23-22. E-mail: igryck@mail.ru.