

УДК 621.01: 004: 347.78

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СБОРКОЙ ПЕРЕДАЧ ПО ПАРАМЕТРУ БОКОВОГО ЗАЗОРА

В. М. ПАШКЕВИЧ

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

В отличие от методик, в которых боковой зазор определяется в статическом режиме при остановленной передаче, его оценка в автоматизированной системе может быть осуществлена методом люфтования на ходу передачи и под нагрузкой. Данное обстоятельство позволяет как повысить достоверность исследований за счет приближения условий измерений к эксплуатационным условиям, так и получить статистические характеристики бокового зазора за счет его многократных измерений на различных участках зацепления.

Методика оценки бокового зазора в автоматизированной системе заключается в следующем. На ходу передачи его выходному звену придается кратковременный дополнительный поворот в направлении вращения. Такое воздействие может производиться как с использованием электрических машин или несложных механических устройств в виде рычагов с храповым механизмом или опрокидывающимися грузами, так и вручную. Данное воздействие приводит к тому, что контакт в зацеплении разрывается и ведомое звено поворачивается в направлении своего вращения до тех пор, пока не появится контакт с ведущим звеном по поверхности зуба, противоположной стороне зацепления. В силу наличия эксплуатационной нагрузки и (или) самоторможения передачи, поворот ведомого звена останавливается в этой точке, а дополнительное воздействие прекращается. В этой связи, с продолжением вращения ведущего звена, боковой зазор в передаче снова выбирается и она начинает работать в обычном режиме, с контактом по стороне зацепления. Для получения усредненного значения бокового зазора такое воздействие может повторяться несколько раз.

Данное обстоятельство приводит к тому, что на графике кинематической погрешности возникает один или несколько кратковременных выбросов (рис. 1).

Для измерения и управления величиной бокового зазора конических передач на основе метода люфтования, на кафедре «Технология машиностроения» Белорусско-Российского университета создан программно-аппаратный комплекс *LUFTOMETER*. Комплекс содержит преобразователь угловых перемещений (энкодер ВЕ-178), устройство согласования с персональным компьютером и управляющую программу.

После подачи на ведомый вал передачи дополнительного поворота на величину, соответствующую свободному ходу передачи и записи соответствующего сигнала преобразователя, управляющая программа рассчитывает функцию кинематической погрешности (рис.1).

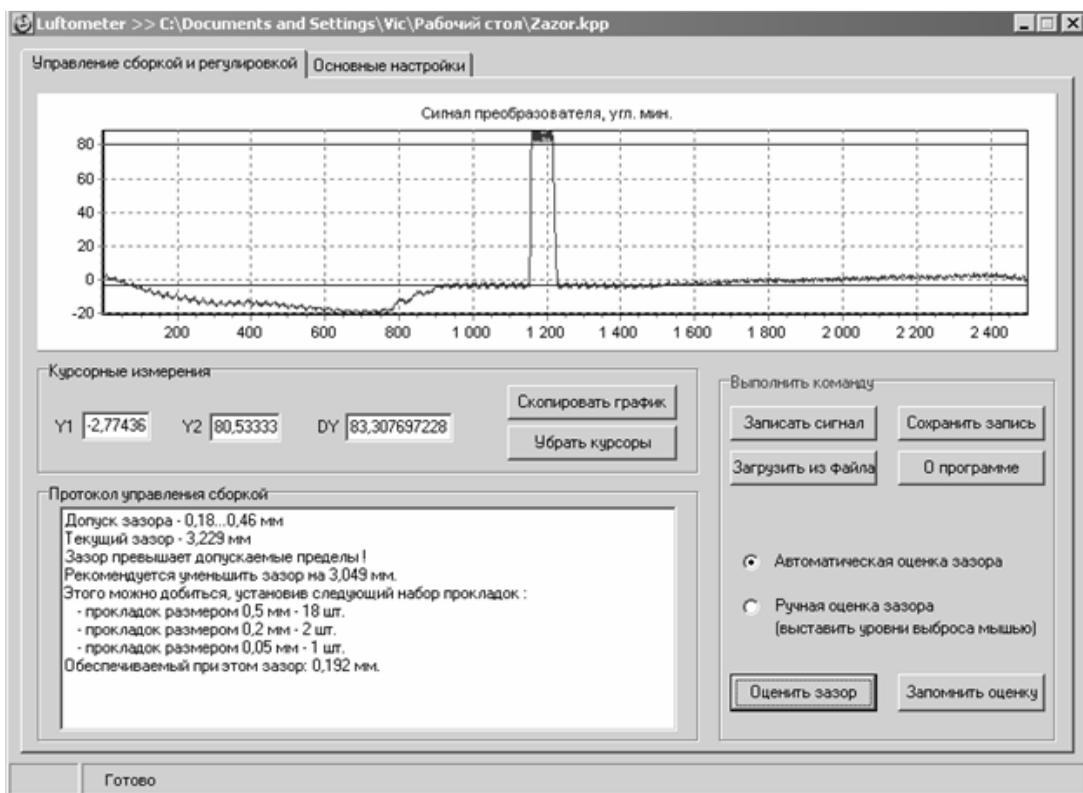


Рис. 1. Рабочая панель комплекса *LUFTOMETER*

Далее в автоматическом или ручном режиме (с выделением уровней выбросов мышью), выделяются уровни выброса, соответствующие процессу выборки бокового зазора, - верхний уровень  $A_{max}$  и нижний  $A_{min}$ .

Нахождение величин  $A_{min}$  и  $A_{max}$  в автоматическом режиме базируется на использовании статистических оценок кинематической погрешности. Так, например, учитывая, что кинематическая погрешность передачи представляет собой случайную функцию, а также условие, что длительность выброса невелика, положению  $A_{min}$  соответствует математическое ожидание кинематической погрешности  $F_i$ :

$$A_{min} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i ,$$

то есть средняя величина (математическое ожидание) функции.

В свою очередь, положение  $A_{max}$  может быть определено координатами точек, которые принадлежат выбросу, а не основной серии наблюдений. Очевидно, что положение этих точек характеризуется условием

$$|F_i - A_{min}| > \frac{\omega}{2}; \quad (1)$$

$$\omega = t_{p,n} \cdot S ;$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_i - A \min)^2}{n-1}},$$

где  $\omega$  – ширина поля рассеивания кинематической погрешности;  $S$  – среднеквадратическое отклонение кинематической погрешности;  $t_{p,n}$  – квантиль распределения Стьюдента, зависящий от принятой доверительной вероятности  $p$  и числа отсчетов (измерений) кинематической погрешности  $n$ .

По координатам  $n_1$  измерений, принадлежащих выбросу (т.е. удовлетворяющих условию (1)), может быть определена величина уровня  $A_{\max}$ :

$$A_{\max} = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} F_i.$$

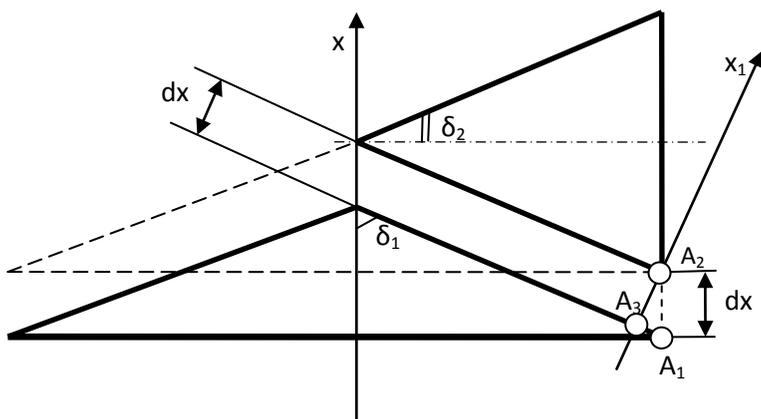
Соответствующий разности между верхним  $A_{\max}$  и нижним  $A_{\min}$  уровнями выбросов размах  $\Delta\varphi$  пересчитывается в линейный боковой зазор передачи по формуле

$$j = \frac{\Delta\varphi}{360 \cdot 60} \pi m_n z_2 \cos \alpha,$$

где  $\alpha$  – угол профиля исходного контура;  $m_n$  – модуль в нормальном сечении;  $z_2$  – число зубьев ведомого колеса.

Затем рассчитывается необходимое осевое перемещение  $dx$ , которое требуется обеспечить за счет подбора необходимого числа компенсирующих элементов (прокладок) стандартного размера. При этом величина компенсируемого бокового зазора  $dx_2$  пересчитывается в величину  $dx_1$  перемещения основных конусов шестерен, а затем – в величину  $dx$ , равную толщине набора прокладок (рис. 2).

а)



б)

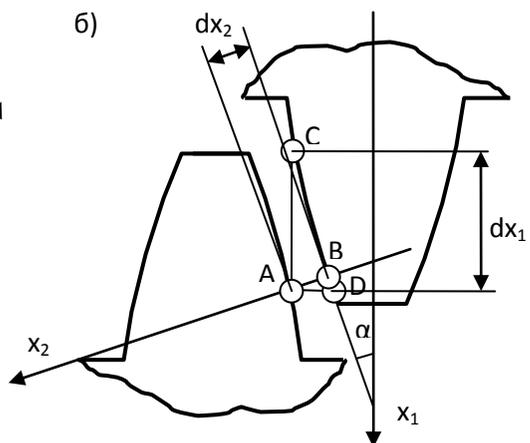


Рис. 2. Схемы преобразования координат для расчета бокового зазора конической передачи: а – для расчета сближения основных конусов; б – для расчета сближения зубьев в нормальном сечении

При этом используются зависимости:

$$dx_2 = j - j_{\min};$$

$$dx_1 = \frac{dx_2}{\sin \alpha};$$

$$dx = \frac{dx_1}{\sin \delta_2},$$

где  $j_{\min}$  – гарантируемый боковой зазор;  $\delta_2$  – угол основного конуса.

Полученная величина в автоматическом режиме пересчитывается в оптимальный набор регулирующих элементов (прокладок стандартных размеров) и выдает оператору инструкцию о количестве прокладок стандартного размера в оптимальном наборе.

Описанный статистический анализ кинематической погрешности позволяет находить величину бокового зазора передачи и для серии выбросов, вне зависимости от их количества. При этом такая оценка представляет собой оценку бокового зазора, усредненную по измерениям на различных участках зацепления.