

УДК 621.9

В.В. Беспалов

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПРОВЕРКИ ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ, ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ПО СИНУСОИДАЛЬНОМУ ЗАКОНУ ПО УГЛУ Φ И 2Φ НА ПОГРЕШНОСТЬ ЗАЦЕПЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Метод однопрофильного контроля при осуществлении непрерывного обката с парным колесом использован в экспериментальной проверке влияния радиального биения и перекоса шевера на погрешность зацепления.

Ключевые слова: погрешность зацепления, циклическая погрешность зубцовой частоты, перекося, однопрофильный контроль, радиальное биение, дисковый шевер, цилиндрические зубчатые колеса

Для силовых быстроходных передач более важным показателем является нарушение кинематического закона движения, возникающее при входе и выходе зубьев в зацепление, так как эти отклонения вызывают циклические погрешности зубцовой частоты, создающие динамические перегрузки при работе передачи, шум и вибрацию при ее эксплуатации [3].

Основным методом контроля кинематической точности зубчатого колеса в передаче является однопрофильная обкатка его с парным колесом.

Метод однопрофильного контроля при осуществлении непрерывного обката с измерительным элементом является типичным случаем комплексного контроля, поскольку получаемый результат дает непосредственно комплексную оценку кинематической точности изделия и характеризует непрерывное изменение погрешностей углового положения контролирующего колеса по углу его поворота [3]. Поэтому в качестве линии зацепления выступает кинематическая погрешность зубчатого колеса.

В работе [2] было показано, что линия зацепления винтовой пары имеет погрешность. Величина погрешности линии зацепления от элементных погрешностей изготовления, заточки и установки дискового шевера впервые рассчитана в работе [1].

Для измерения линии зацепления дискового шевера используется прибор для контроля кинематической погрешности модели БВ-5058:

- типоразмер прибора СЦ-1;
- модули контролируемых колес от 1 до 8 мм;
- диаметры делительной окружности контролируемых зубчатых колес от 20 до 320 мм;
- масса контролируемого изделия не более 40 кг;
- длина вала оправки, устанавливаемой в центрах, от 200 до 300 мм;
- передаточное отношение контролируемых колес от 1:1 до 1:16;
- число оборотов ведущего шпинделя 6 об/мин;
- принцип действия - электронный.

Прибор позволяет контролировать цилиндрические зубчатые колеса внешнего и внутреннего зацепления при непрерывном однопрофильном зацеплении с измерительным или парным колесом (обкат пары колес). Контролируемые зубчатые колеса устанавливаются на ведущий и ведомый шпинделя. На концах обоих шпинделей установлены фотоэлектрические круговые измерительные преобразователи (ФКИП). Корпуса преобразователей связаны с корпусами бабок посредством параллелограммов, позволяющих исключить из результатов измерений погрешности, возникающие от биений концов шпинделей прибора, на которых установлены ФКИП.

Схема работы прибора представлена на рис. 1. В приборе БВ-5058 использован прин-

цип преобразования погрешности пары зубчатых колес, обкатываемых в однопрофильном зацеплении, в колебания фазы электрических сигналов, поступающих с двух фотоэлектрических круговых измерительных преобразователей 4, один из которых жестко связан с ведущим валом 5, а второй - с ведомым 8. На ведущем валу закрепляется зубчатое колесо 6 с числом зубьев z_1 , а на ведомом - зубчатое колесо 7 с числом зубьев z_2 . С обеих ФКИП при их вращении поступают сигналы на два входа электронной схемы прибора. При обкатке измеряемых колес с одинаковым числом зубьев, т.е. $z_1=z_2$, сигналы с ФКИП с одинаковой частотой $f_1=f_2$ поступают на фазометр 9.

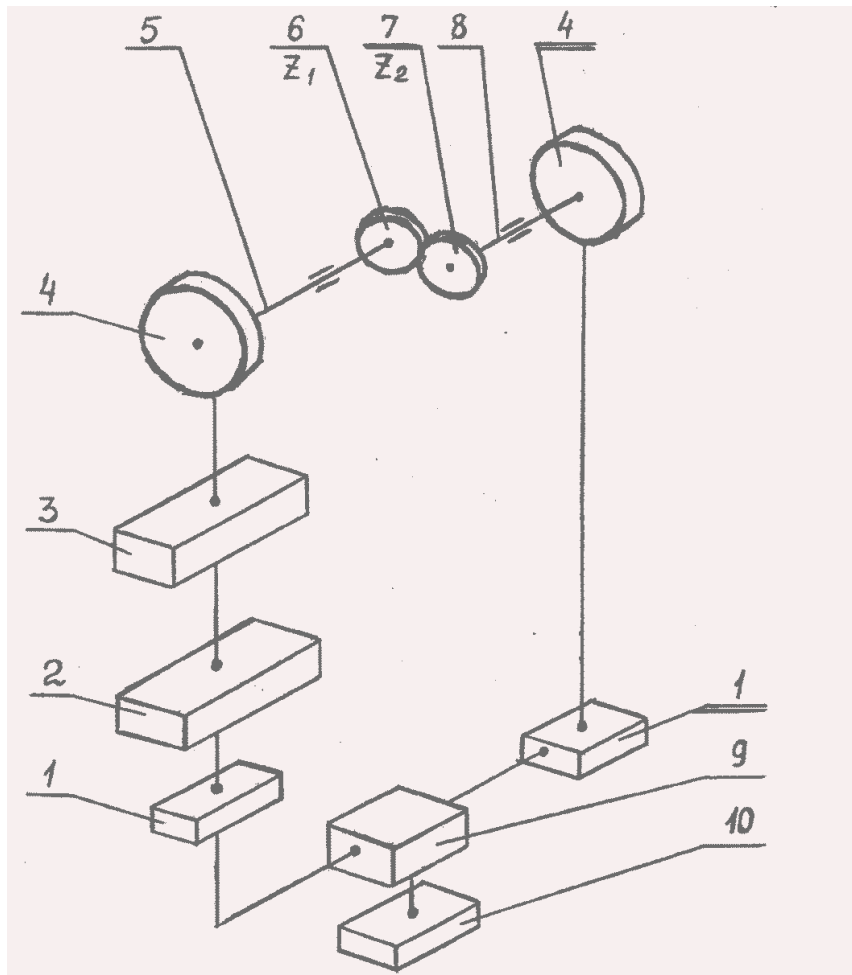


Рис. 1. Схема работы прибора

Сдвиги фаз, возникающие между двумя частота, обусловлены угловым рассогласованием ФКИП, связанных непосредственно с обкатываемыми колесами, т.е. погрешностью обкатываемых колес z_1 и z_2 . Разность фаз записывается электросамописцем 10, и эта запись является графиком кинематической погрешности обкатываемых колес. При $z_1 \neq z_2$ сигналы с ФКИП поступают с разной частотой, т.е. $f_1 \neq f_2$. В этом случае частота, поступающая с ФКИП ведущего обкатываемого колеса, приводится к частоте, поступающей с ФКИП ведомого обкатываемого колеса через умножитель 3 и делитель частоты 2, т.е. сдвиги фаз, возникающие между двумя частотами, обусловлены угловым рассогласованием ФКИП, связанных непосредственно с обкатываемыми колесами, т.е. погрешностью обкатываемых колес z_1 и z_2 . Разность фаз записывается электросамописцем 10, и эта запись является графиком кинематической погрешности обкатываемых колес. При $z_1 \neq z_2$ сигналы с ФКИП поступают с разной частотой, т.е. $f_1 \neq f_2$. В этом случае частота, поступающая с ФКИП ведущего обкатываемого

колеса, приводится к частоте, поступающей с ФКИП ведомого обкатываемого колеса через множитель 3 и делитель частоты 2, т.е.

$$f_1 = \frac{z_1}{z_2} = if_2, \text{ так как } \frac{z_1}{z_2} = i$$

Теперь снова одинаковые частоты $if_1=f_2$ поступают на фазометр, который показывает разность фаз приведенных частот, а самописец регистрирует кинематическую погрешность обкатываемых зубчатых колес.

Для установки различных диапазонов измерения используется регистр масштаба 1, установленный в электронной части прибора.

Для соблюдения статистической устойчивости наблюдаемых значений отклонений параметров принимались следующие меры по обеспечению однородности условий экспериментов:

- 1) все замеры проводились на одном и том же приборе;
- 2) в процессе всех измерений проводилась единая калибровка и настройка прибора;
- 3) все измерения проводились на специально изготовленных оправках, исключающих внесение дополнительных погрешностей.

В работе [1] было показано, что суммарная приведенная погрешность зацепления определяется монотонными кусочно-линейными составляющими, синусоидальными по углу Φ и углу 2ϕ . Суммарная приведенная погрешность может быть разложена на указанные составляющие.

Синусоидальные составляющие по углу ϕ суммарной приведенной погрешности зацепления определяются радиальным и осевым биением шевера, а также радиальной составляющей от перекоса шевера.

Экспериментальная проверка указанной зависимости проводилась за счет изменения радиального биения шевера. Отсутствие перекоса шевера контролировалось. Монотонные составляющие погрешности зацепления на всем протяжении эксперимента оставались постоянными.

Порядок проверки следующий:

1. Выбирается шевер, удовлетворяющий по точности условиям эксперимента.
2. Изменение радиального биения шевера осуществлялось за счет расшлифовки посадочного отверстия.
3. При установке шевера на шпиндель прибора создавались различные необходимые радиальные биения.
4. На приборе для контроля кинематической погрешности БВ-5058 шевер обкатывался с парным зубчатым колесом.
5. Запись кинематической погрешности зубчатой передачи на бумажную ленту (пример записи на рис. 2).
6. Обработка результатов измерений.
7. Сравнение результатов полученных экспериментальным и расчетным путями.

Синусоидальные составляющие по углу 2ϕ суммарной приведенной погрешности зацепления определяются осевой составляющей перекоса шевера.

Выделить синусоидальную составляющую по углу 2ϕ в чистом виде экспериментально не удастся. В связи с этим в данном разделе рассматривается суммарное воздействие перекоса шевера на погрешность зацепления.

Монотонные составляющие погрешности зацепления оставались постоянными на протяжении всего эксперимента.

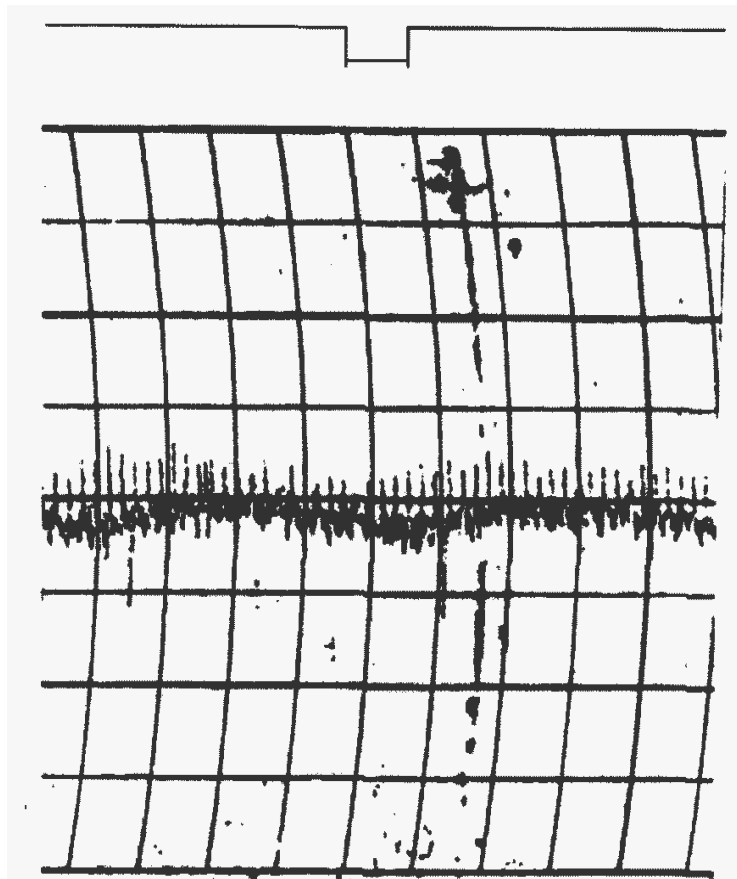


Рис. 2. Влияние радиального биения шевера на погрешность зацепления (правый профиль):
радиальное биение шевера 40 мкм; $F_3=13,8$ мкм

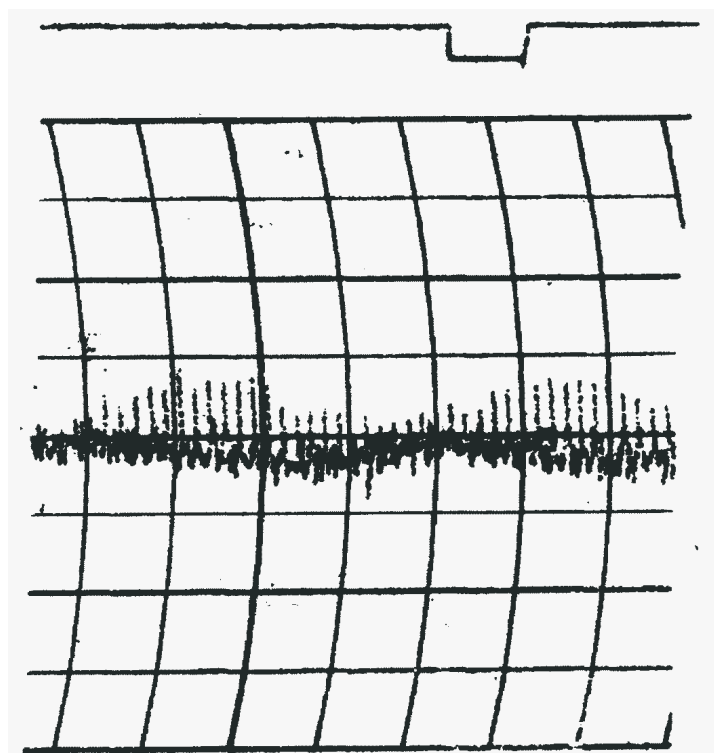


Рис. 3. Влияние перекоса на погрешность зацепления (правый профиль):
перекос 30 мкм; $F_3=14,5$ мкм

Порядок проверки следующий:

1. Выбирается шевр, удовлетворяющий по точности условиям эксперимента.
2. Перекос шевра осуществляется за счет расшлифовки посадочного отверстия.
3. При установке шевра на шпиндель прибора создавались различные требуемые величины перекоса.
4. Обкатка шевра с парным зубчатым колесом на приборе для контроля кинематической погрешности БВ-5058.
5. Запись кинематической погрешности зубчатой передачи на бумажную ленту (пример записи на рис. 3).
6. Обработка результатов измерений.
7. Сравнение результатов полученных экспериментальным и расчетным путями.

На основании разработанной методики появляется возможность экспериментальной проверки влияния погрешностей, изменяющихся по синусоидальному закону по углу φ и 2φ на погрешность зацепления.

Библиографический список

1. **Беспалов, В.В.** Влияние погрешностей дисковых шевров на циклическую погрешность зубцовой частоты цилиндрических зубчатых передач / В.В. Беспалов, В.М. Сорокин // Технологические процессы и оборудование в машино- и приборостроении: Межвуз. сб. научных тр. – Н. Новгород: НГТУ, 1995. С. 92–100.
1. **Полоцкий, М.С.** Повышение точности быстроходных зубчатых передач шевингованием // Труды ЦНИИТМАШ. 1960. № 10. С. 5–63.
2. **Тайц, Б.А.** Точность и контроль зубчатых колес / Б.А. Тайц. – М.: Машиностроение, 1972. –368 с.

*Дата поступления
в редакцию 30.07.2012*

V.V. Bepalov

METHOD OF EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE EFFECT OF ERRORS THAT VARY SINUSOIDALLY IN ANGLE Φ AND 2Φ ON THE TRANSMISSION ERROR

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.Y. Alexeev

Purpose: Development of sequence of determine the effect of radial runout and shaver cocking on the transmission error.

Design/methodology/approach: It creates a variety of radial runout and cocking. It measures the line of contact. The method of single-flank control is used for rolling action with mating gear.

Findings: This method allows to determine the effect of radial runout and shaver cocking on the transmission error.

Originality/value: The article is of interest to specialists in the manufacture of gears.

Key words: the transmission error, cyclic error of gear-meshing frequency, cocking, single-flank control, radial runout, disc shaver, spur gear.