

ЛИТЕРАТУРА

1. Диментберг Ф.М. Изгибные колебания вращающихся валов. — М., 1959. — 246 с. 2. Мэнли Р. Анализ и обработка записей колебаний. — М., 1972. — 368 с.

УДК 621.9.06:621.833.24

Б.М.РЫВКИН, А.В.БУГАЕВ,
канд.техн.наук, А.Ш.ПРЕЙГЕРЗОН
(МТЗ)

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ СТАНКОВ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ КОНИЧЕСКИХ КОЛЕС С КРУГОВЫМИ ЗУБЬЯМИ

Частотный состав погрешности зубообрабатывающего станка определяется его кинематической схемой (рис. 1), в которую входят конечные передачи люльки и бабки изделия, гитары сменных колес обката и деления, промежуточные пары шестерен. Цепи деления и обкатки связаны между собой дифференциалом, который в зависимости от конструкции станка находится в цепи обкатки постоянно (см. рис. 1) или включается только на время деления. Рассчитанные по уравнению баланса кинематической цепи номера частот погрешности (по отношению к зубцовой), характерные для обработки на различных отечественных станках, приведены в табл. 1.

Можно выделить три характерные группы частот. Две из них связаны с числом обрабатываемых зубьев и числом зубьев производящего колеса. В третьей группе постоянные для конкретного станка частоты спектра зубцовых гармоник. Как видно из таблицы, каждой группе частот соответствует определенный участок, включающий элемент или группу элементов кинематической цепи. Участки 1 и 4 включают соответственно делительную и люлечную пары. Участку 2 соответствуют элементы цепи, находящиеся между входными валами III и VIII (см. рис. 1) гитар обкатки и деления. Поскольку данный участок

Т а б л и ц а 1

| Модель станка | Номер участка кинематической цепи станка | | | | | |
|---------------|--|-----|---------------------|--------------------------|------------------|-------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 6 | |
| | | | | | внутри интервала | |
| 5С270П | 15/z | 1 | 30/z _{ст} | $\frac{30}{z_{ст}}$, 1 | 1 — 15/z | 1 — 30/z _{ст} |
| 5С280П | 96/z | 4 | 240/z _{ст} | $\frac{240}{z_{ст}}$, 1 | 4 — 96/z | 4 — 240/z _{ст} |
| 5А27С4 | 120/z | 2,4 | 150/z _{ст} | $\frac{300}{z_{ст}}$, 1 | 4 — 120/z | 2 — 150/z _{ст} |
| 5С26Б | 15/z | 2 | 30/z _{ст} | $\frac{30}{z_{ст}}$, 1 | 2 — 15/z | 2 — 30/z _{ст} |

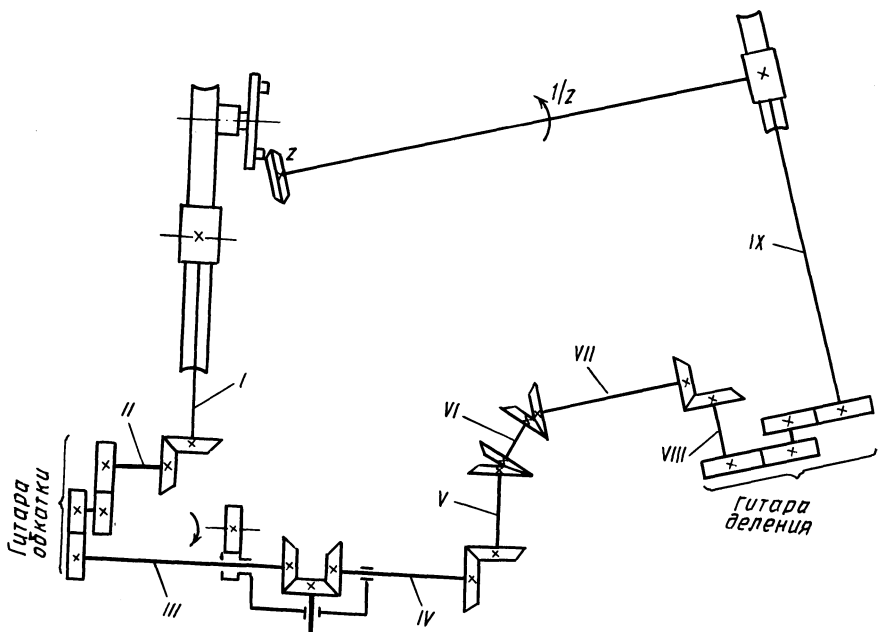


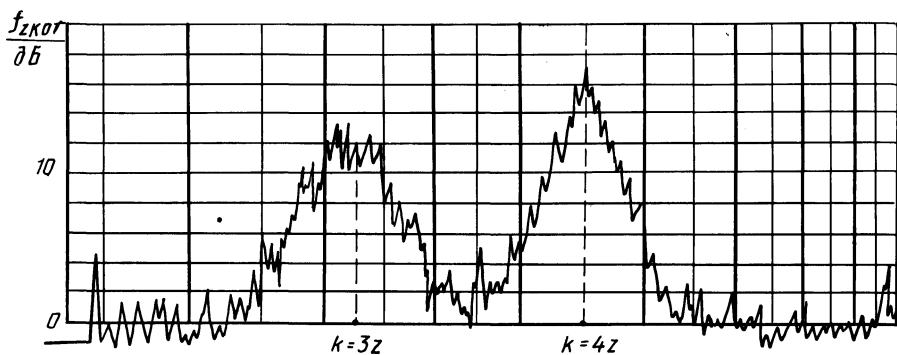
Рис. 1. Кинематическая схема цепи деления – обкатки станка для зубообработки конических колес

содержит наибольшее число элементов, соответствующие ему составляющие спектра погрешности детали имеют максимальную интенсивность. Участок 5 включает шестерни гитары деления, 6 – гитару обкатки. Участку 3 соответствует выходной вал II гитары обкатки.

Рассмотрим возможности экспериментальной оценки технологической точности некоторых станков на примере обработки шестерни с числом зубьев $z_1 = 12$.

Первый пример относится к обработке шестерни на станках мод.5А27С4П ($z_{ст} = 38,2$). Результаты контроля двух пар, шестерни которых обрабатывались на различных станках, представлены на рис. 2, а, б. Там же показаны и отпечатки зон касания, снятые с поверхностей зубьев шестерен. Спектры получены при однопрофильном контроле зацепления рабочих сторон зубьев (вогнутой стороны зуба шестерни и выпуклой – колеса) с использованием спектроанализатора. Исходя из табл. 1, в спектре погрешности должны преобладать 2-я и 4-я гармоники зубцовой частоты. О характерной огранке с четырьмя гранями на поверхности зуба шестерни свидетельствуют и отпечатки зон касания. Однако лишь результаты контроля спектра кинематической погрешности позволили установить, что станок, используемый для нарезания первой шестерни (см. рис. 2, а), дает завышенные почти в 2 раза (ГОСТ 1758–81) значения циклической погрешности $f_{zкор} (k = 4z)$. Это и послужило основанием для переналадки его на нарезание выпуклой (нерабочей) стороны зуба. В данном случае удалось произвести лишь разбраковку станков по точности, так как

a



б

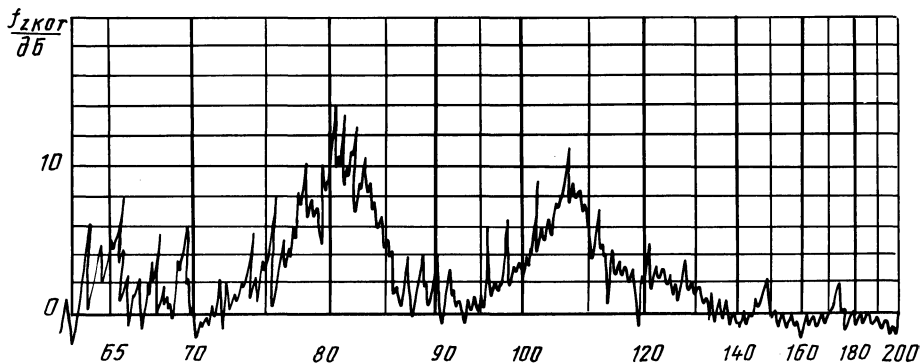
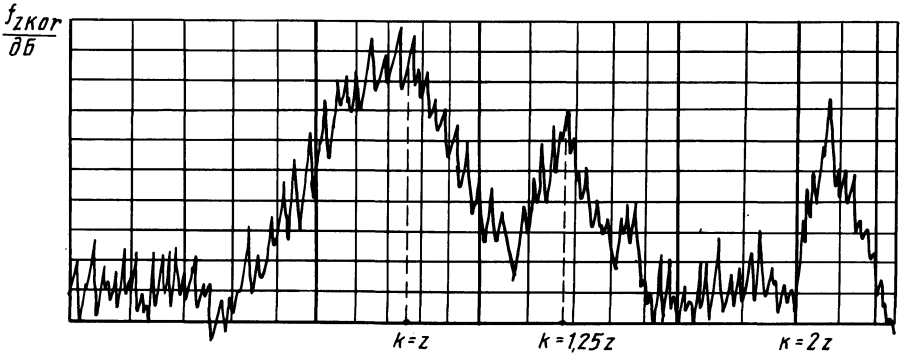


Рис. 2. Спектрограммы кинематической погрешности и зоны касания конических зубчатых пар ($z_1 = 12, z_2 = 41, m_{ге} = 8, \beta_n = 15^\circ$), шестерни которых обрабатывались: *a, б* – на станке мод. 25А27С4П; *в, г* – на станке мод. 5С270П до и после переборки дельтельной пары

8



2

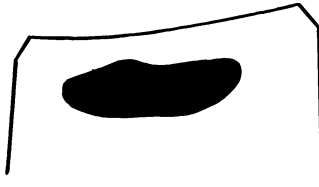
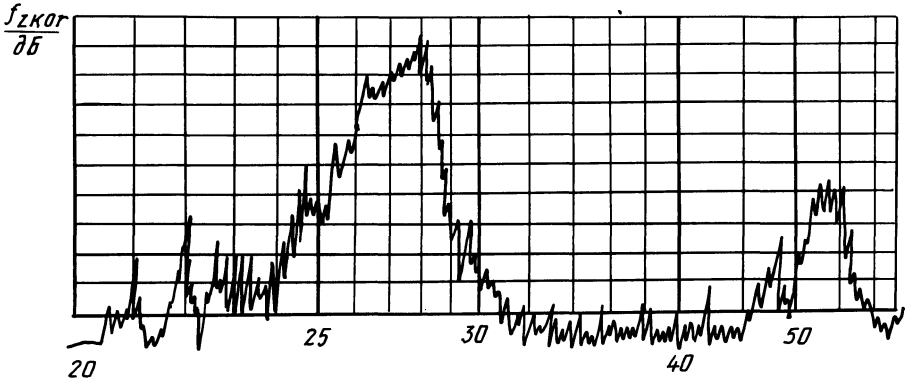


Рис. 2 (окончание)

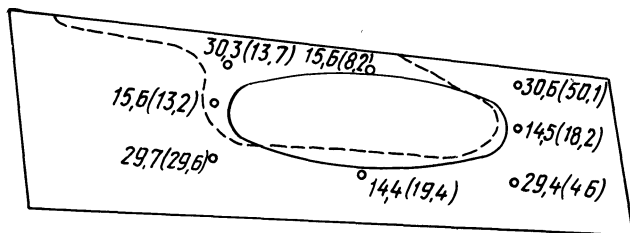


Рис. 3. Исходная зона касания конической зубчатой пары ($z_1 = 12, z_2 = 41, m_{te} = 8, \beta_n = 35^\circ, F_I = 50\%, F_{n,i} = 60\%$) и ее изменения под влиянием погрешности обката зубцовой частоты (математическое моделирование с помощью программы "Волга")

вклад в четвертую зубцовую гармонику вносят элементы цепи станка 2-й и 3-й групп (см. табл. 1).

Второй пример (см. рис. 2, в, г) иллюстрирует контроль точности станка мод. 5С270П. Нарезанные на этом станке детали имели ярко выраженный дефект зоны касания – разрыв по профилю. Была обнаружена значительная амплитуда 15-й гармоники оборотной частоты (см. рис. 2, в, $k = 1,25z$), который соответствует частота вращения ведущей шестерни делительной пары станка (см. табл. 1). Эффективность переборки делительной пары видна из рис. 2, г. Контроль точности станка позволил выявить технологический источник погрешности детали.

Прогнозирование влияния погрешностей на параметры сопряженности передачи рассмотрим применительно к станку мод. 5С270П. Как видно из таблицы, для погрешности станка характерна интенсивная составляющая зубцовой частоты. По паспорту станка ее удвоенная амплитуда не должна превышать $12''$, а фактические ее значения могут даже выходить за установленные пределы. На рис. 3 иллюстрируется результат воздействия предельно допустимых погрешностей станка мод. 5С270П на форму зоны касания, когда сдвиг фаз между указанными погрешностями составляет четверть периода. Исходная эллипсная форма зоны касания (показана сплошной линией) под влиянием погрешностей станка претерпевает существенное изменение (пунктирная линия). Распределение приведенных зазоров (цифры в скобках), характеризующих локализацию контакта, становится неудовлетворительным, появляется тенденция к выходу контакта на кромку. Влияние станка еще ошутимее при больших размерах исходной зоны касания (меньшей локализации). Исправление такой зоны касания вызывает значительные трудности и, как показывают расчеты, очень часто не может быть выполнено на имеющемся оборудовании. В частности, для рассматриваемой пары устранить дефект зоны касания в процессе оптимизации контакта удалось только при наклоне инструментального шпинделя.

Таким образом, рассмотренный подход к оценке технологической точности оборудования дает возможность не только контролировать техническое состояние станка, но и прогнозировать качество изделий еще на стадии проектирования технологического процесса. Для этого оценка возможностей станка для нарезания конкретной зубчатой пары должна проводиться с учетом искажающего воздействия погрешностей обката зубцовой частоты. Это позволит избежать ошибок при выборе оборудования и повысить качество продукции.