

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗНОСА ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА ПО ПАРАМЕТРАМ ВИБРАЦИИ СТАНКА

А.М. Захезин, Т.В. Малышева

Рассматривается проблема оценки и прогнозирования параметров качества шлифовального круга в эксплуатационных условиях. Величина переменной составляющей силы резания при шлифовании изменяется за счет совокупности процессов, пластической деформации трения и разрушения шлифовального круга и влияет на параметры вибрации станка. Расчет детерминированных параметров случайного процесса вибрации позволяет идентифицировать износ инструмента.

Наличие тесной корреляционной связи между параметрами вибрации и условиями обработки позволяет предположить, что вибрационные процессы обладают не только однозначной информативностью при исследовании процесса обработки, но и активно влияют на характер протекания процесса шлифования, что позволяет оптимизировать эти процессы. Кроме того, появляется реальная перспектива надежной оценки и прогнозирования параметров качества шлифовального круга непосредственно в эксплуатационных условиях.

Сила резания при шлифовании имеет нестационарный колебательный характер (рис. 1).

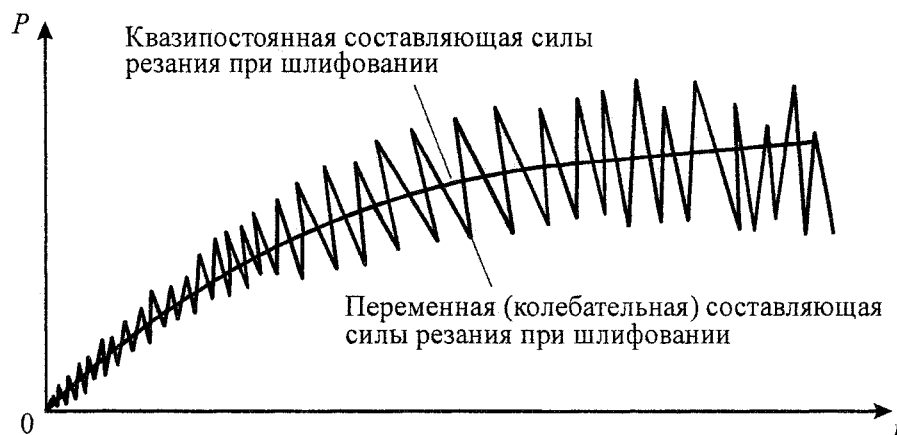


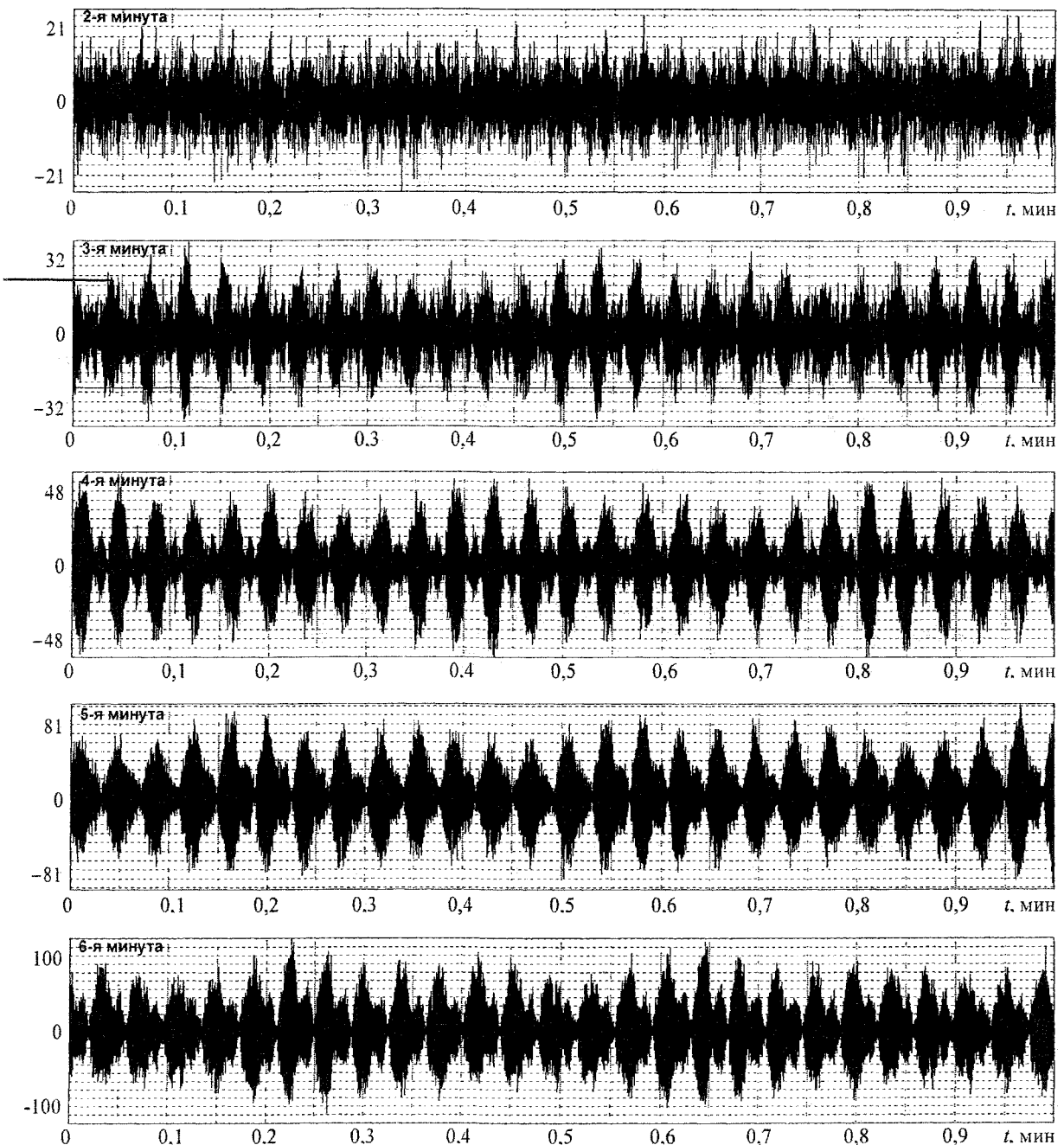
Рис. 1. Изменение силы резания в радиальном направлении при износе шлифовального круга

Вибрационный сигнал в условиях эксплуатации складывается из переменной и квазипостоянной составляющих. Полученное при исследованиях квазипостоянное значение силы резания находится в пределах до 100 Н в диапазоне частот от 1,5 до 3 кГц. Квазипостоянная составляющая несет информацию о совокупности процессов разрушения, пластической деформации и трения, сопровождающих технологический процесс шлифования. Переменная составляющая учитывает влияние изнашивания за счет увеличения площади контактных поверхностей. Таким образом, за счет выбора метода обработки вибрационного сигнала и определения различных детерминированных параметров случайного процесса вибрации, в том числе и в различных частотных диапазонах, создаются физические предпосылки для идентификации износа инструмента путем выделения переменной составляющей вибрации, определения отношения переменной составляющей к постоянной. Так, например, изменение среднеквадратичного значения (СКЗ) виброускорения при износе шлифовального круга в вертикальном и радиальном направлении приведено в таблице.

СКЗ виброускорения в вертикальном и радиальном направлениях

Время работы станка, мин	2	3	4	5	6
СКЗ в вертикальном направлении, мм/с <sup>2</sup>	1,9	1,9	1,8	2,6	3,6
СКЗ в радиальном направлении, мм/с <sup>2</sup>	3,9	4,8	5,1	5,6	7,7

Датчик виброускорения был установлен на столе плоскошлифовального станка. Сигнал записывался в двух направлениях непрерывно, одновременно с износом шлифовального круга (на 2-й, 3-й, 4-й, 5-й и 6-й минутах работы станка) после этого станок останавливали и производили правку шлифовального круга. Сигналы колебаний стола станка в вертикальном и горизонтальном направлениях показаны на рис. 2 и 3. Цифрами отмечено время работы станка: 2-я, 3-я, 4-я, 5-я или 6-я минута от начала процесса шлифования.

Рис. 2. Износ шлифовального круга в вертикальном направлении (сигнал виброускорения, мм/с<sup>2</sup>)

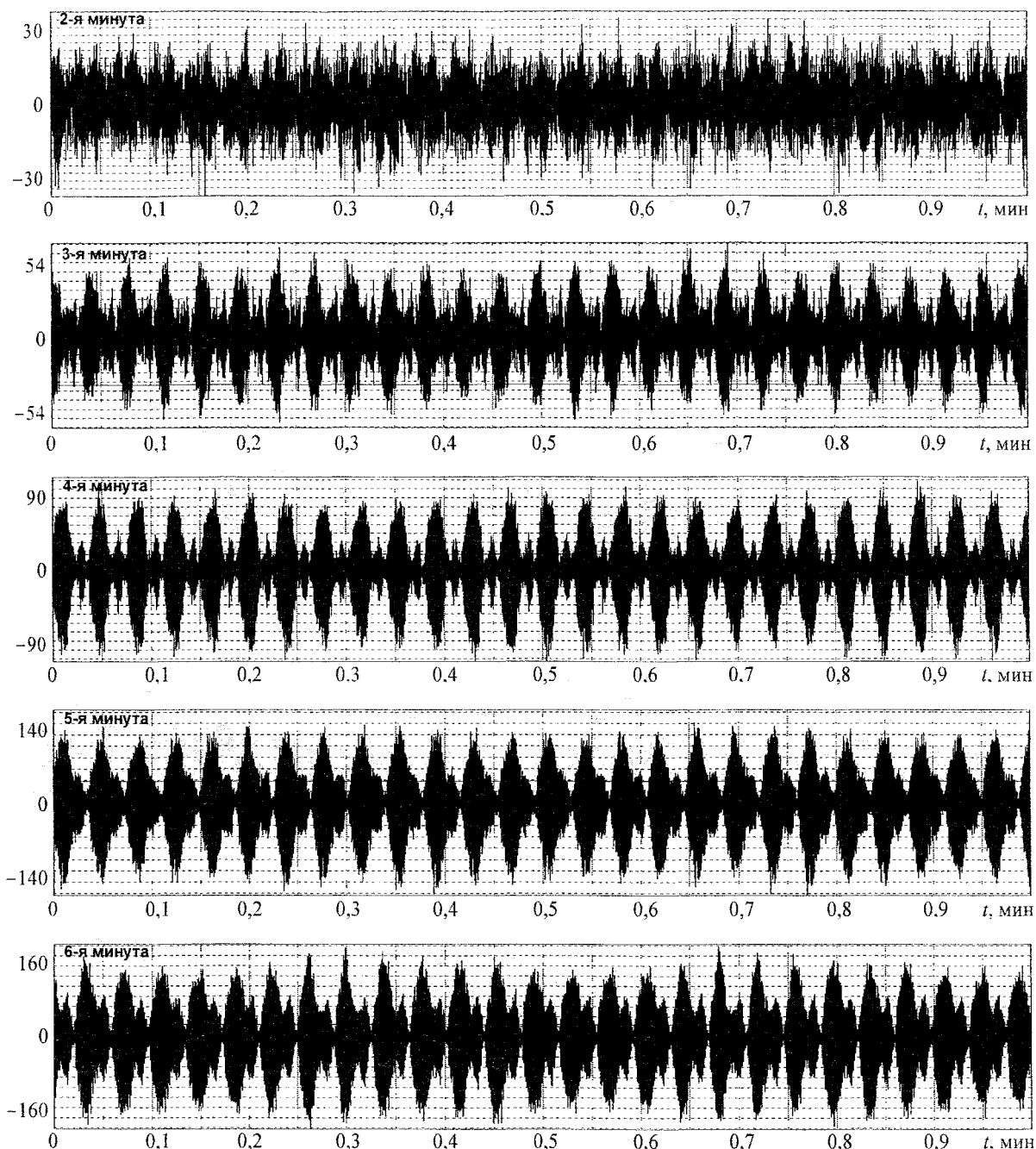


Рис. 3. Износ шлифовального круга в радиальном направлении (сигнал виброускорения, мм/с<sup>2</sup>)

Как правило, существенное увеличение общего уровня вибрации или отдельных спектральных компонентов говорит лишь о сильных разрушениях диагностируемого инструмента. Локализация же развивающегося дефекта, определение степени развития дефекта и его прогнозирования возможно лишь на основе исследований тонкой структуры виброакустического сигнала и связи его с кинематикой и динамикой станка. Изучение свойств вибрационного процесса обработки показало, что при износе шлифовального круга меняется структура сигнала, перераспределяются соотношения между его спектральными составляющими и появляются новые спектральные компоненты. Спектр виброускорений в вертикальном и радиальном направлениях показан на рис. 4 и 5. Анализ параметров вибрации показывает, что на 2-ой минуте работы станка происходит приработка инструмента, что отражается в большом числе гармоник виброускорения в широком диапазоне частот. Однако статистическая обработка сигнала показывает, что величина СКЗ виброускорения на 2-й, 3-й и 4-й минутах работы остается на прежнем уровне (в вертикальном направлении) или незначительно вырастает в радиальном направлении (см. таблицу).

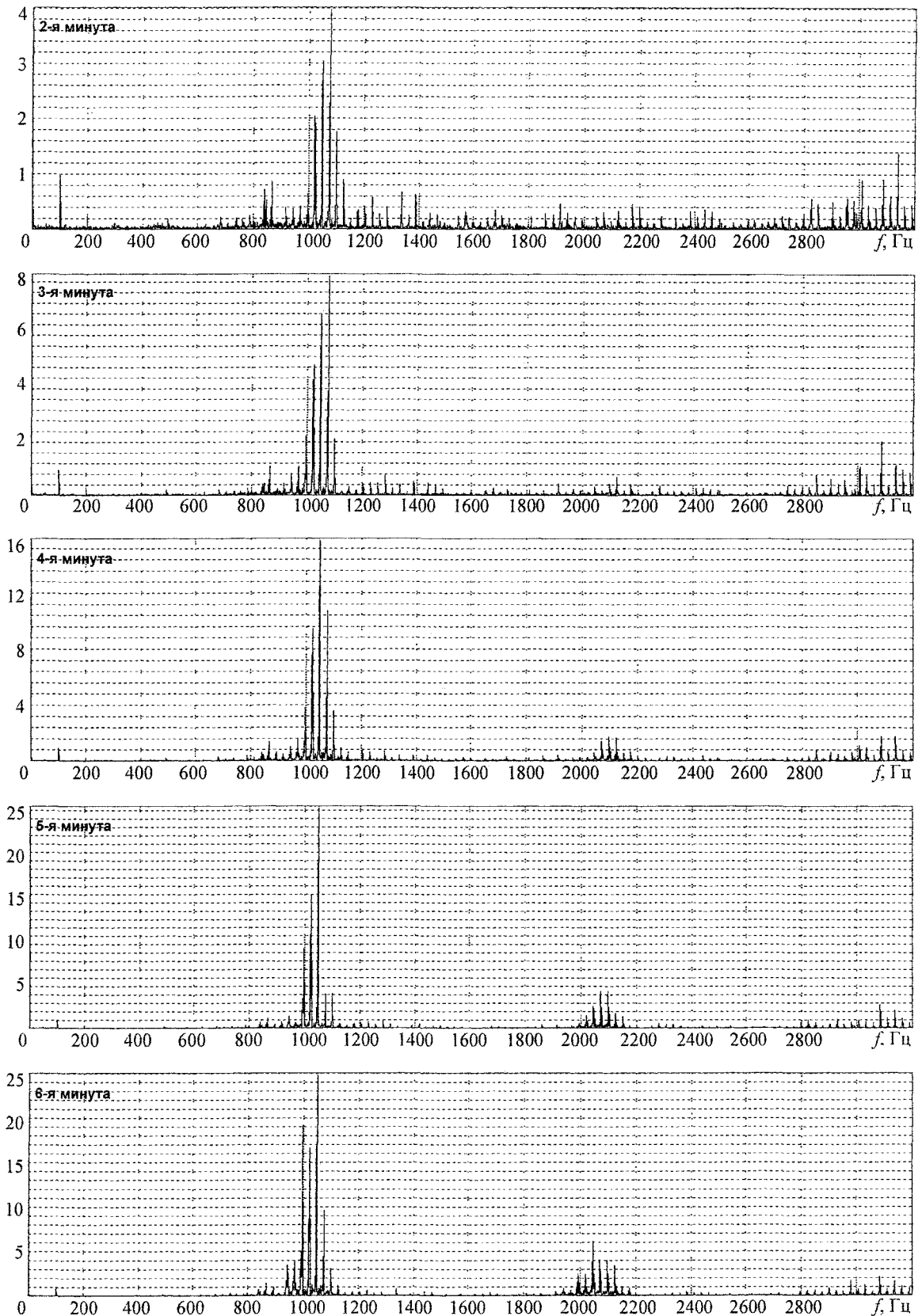


Рис. 4. Спектры виброускорений ( $\text{мм/с}^2$ ) при износе шлифовального круга в вертикальном направлении

Характер изменения динамических процессов вибрации при изменении состояния контактирующих поверхностей имеет ряд общих черт. Это определяет алгоритм диагностирования дефектов контактирующих поверхностей типа абразивного износа, выкрашивания. Абразивное изна-

## Контроль и испытания

шивание контактирующих поверхностей вызывает появление микронеровностей в зоне контакта, нарушение микро и макрогеометрии детали, следствием чего является рост шумовой компоненты (см. рис. 4, 5), увеличение амплитуд гармонического ряда на оборотной частоте возбуждения и перераспределения амплитуд между гармониками этого ряда.

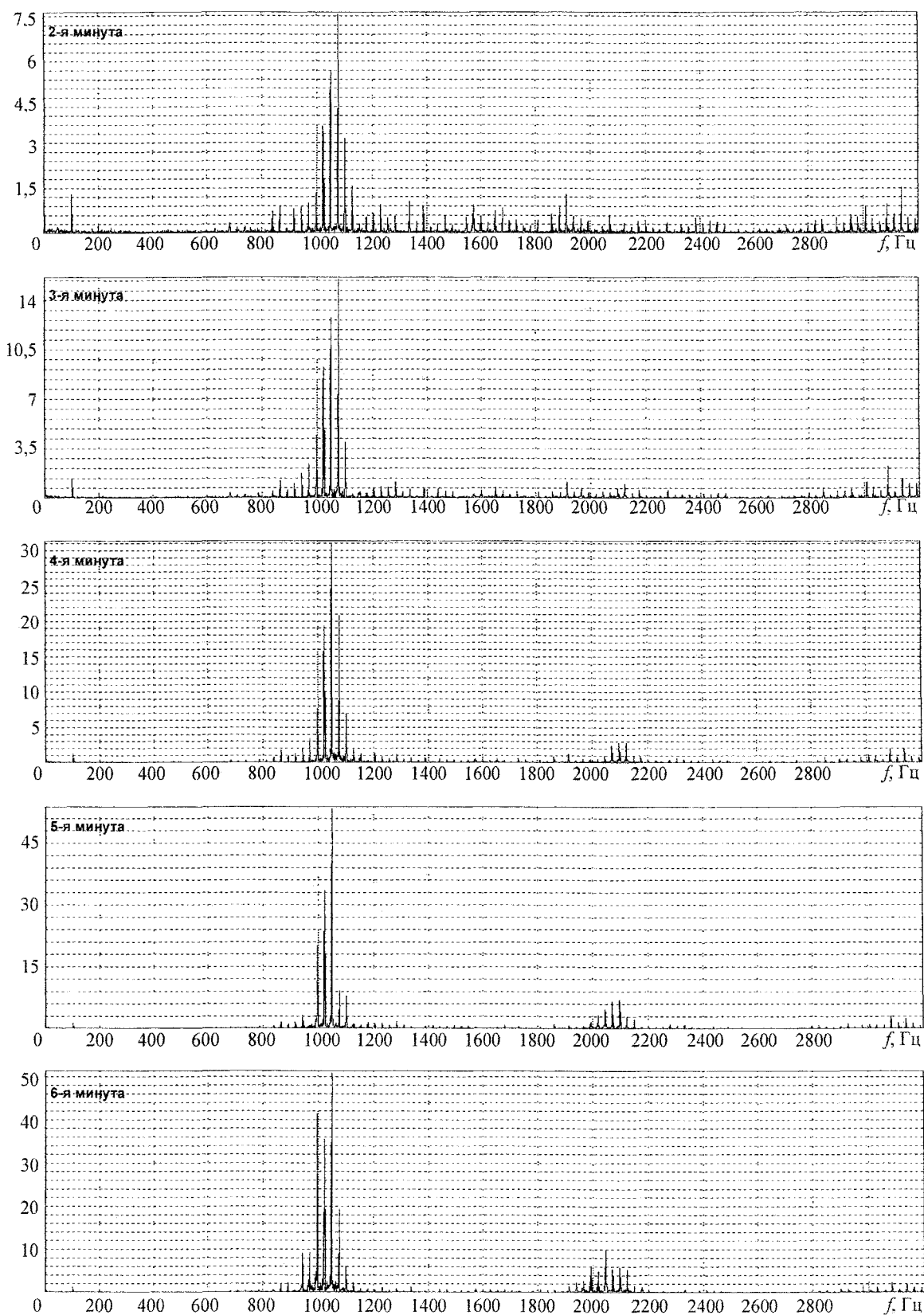


Рис. 5. Спектры виброускорений ( $\text{mm/s}^2$ ) при износе шлифовального круга в радиальном направлении

Выкрашивание инструментальной поверхности проявляется в развитии раковин в зоне контакта, вызывает появление периодических всплесков вибросигнала, модулирующих основной процесс возбуждения (см. рис. 4, 5). Периодическое попадание раковин в зону контакта приводит к появлению в спектре сигнала комбинационных частот в окрестности основных частот возбуждения, вызванных амплитудной модуляцией. Рост числа выбросов при увеличении их амплитуд, вызванный развитием данного дефекта, приводит к увеличению глубины амплитудной модуляции, росту числа комбинационных частот и перераспределению энергии между ними при неизменности амплитуд основных частот возбуждения.

Кроме того, выкрашивание поверхности шлифовального круга приводит к появлению новых вибрационных гармоник. Так, например, с увеличением износа шлифовального круга появляются новые гармоники в области удвоенной частоты вращения (в диапазоне 2000...2200 Гц, см. рис. 4, 5).

Для того чтобы решить задачу диагностирования по совокупности вибрационных характеристик системы, необходимо выбрать наиболее чувствительные к изменению технического состояния машин диагностические признаки. Большинство методов диагностирования зарождающихся дефектов механизмов имеет в своей основе одну и ту же диагностическую модель: развитие дефекта вызывает рост амплитуд и числа кратковременных импульсов в вибросигнале. Задача состоит в применении оптимального способа обработки сигнала, который сводит к минимуму влияние помех и позволяет однозначно соотнести полученную характеристику сигнала с видом дефекта. Таким образом, износ шлифовального инструмента можно определить по статистическим параметрам сигнала (например, СКЗ виброускорения), но на первых минутах работы станка этот параметр вырастает незначительно.

По спектрам виброускорений сигнала было выявлено появление новых вибрационных компонент в диапазоне 2000...2200 Гц, а получение гармоник виброускорений в двух направлениях позволяет избавиться от шумовых компонент в сигнале и решить задачу диагностирования износа инструмента на любом этапе работы. Поэтому получение гармоник виброускорений в области удвоенной частоты вращения, их количество и амплитуда могут стать диагностическими признаками износа шлифовального круга.