

# ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*С.С. Емельяненко*

Как известно в процессе концевго фрезерования возникают вынужденные и автоколебания технологической системы, которые существенно влияют на устойчивость процесса резания концевго фрезерования и как следствие свойства обрабатываемой поверхности и стойкость фрезы. При исправном оборудовании источником вынужденных колебаний являются повторяющиеся удары зубьев фрезы о заготовку, при этом частота колебаний соответствует частоте удара зуба фрезы. Источник же возникновения автоколебаний скрыт в самой системе, и их возникновение зависит от свойств системы, причем амплитуда и частота данных колебаний не зависит от внешней возбуждающей силы. Устранение вынужденных колебаний технологической системы невозможно, поскольку источник их возникновения является неотъемлемой составляющей процесса любого фрезерования. Автоколебания устранить возможно, путем подбора оптимальных режимов резания. Таким образом, для выявления автоколебаний технологической системы и дальнейшего прогнозирования областей режимов резания устойчивого концевго фрезерования нужна соответствующая методика.

Для определения наличия автоколебаний технологической системы (ТС) при концевом фрезеровании и изучения влияния различных факторов (режимов резания, геометрии инструмента, конструктивных особенностей инструмента и др.) на акустическое излучение (АИ), была разработана экспериментальная установка на базе вертикально фрезерного станка модели 6P13Ф3 с системой ЧПУ 2С42. Регистрация АИ осуществлялась помощью приемника (микрофона) фирмы SHURE модели С606, помещенного в требуемую точку пространства рядом с зоной резания. Усиление и преобразование сигнала из аналогового в цифровой вид осуществлялось с помощью встроенной звуковой карты материнской платы модели GA-8GEM667. Запись сигнала производилась с помощью программы Sound Forge 7.0 с максимально допустимой частотой дискретизации для этого оборудования 44100 Гц. Дальнейшая обработка сигнала производилась с использованием программной среды Matlab 6.5.

Анализ литературы показал, что для получения достоверных результатов при анализе сигнала, обеспечения максимального быстродействия обработки сигнала и возможности соизмерения результатов при различных частотах вращения шпинделя, длительность сигнала АИ должна быть равна  $N = 2^{\log_2(3 \cdot T) + 1}$ , где  $T$  – период минимальной предполагаемой частоты сигнала (частоты удара одного зуба фрезы).

Оценку устойчивости концевое фрезерование предложено производить анализируя спектр АИ сигнала. Спектр, полученный с использованием дискретного преобразования Фурье, оказался неподходящим для решения данной задачи, в силу наличия большого количества шумов присутствующих в сигнале и невозможности определения преобладающей частоты сигнала и ее величины. Поэтому после анализа литературы для дальнейшего анализа сигнала по спектру АИ было предложено использовать метод основанный на корреляционном анализе сигнала.

Для дальнейшего анализа сигнала воспользуемся стандартным методом спектрального анализа методом Music (Multiple Signal Classification), который реализован в виде функции в программной среде Matlab 6.5. Он предназначен для определения частот и уровней (амплитуд или мощностей) гармонических составляющих. В основе метода лежит анализ собственных чисел и собственных векторов корреляционной матрицы сигнала. Спектр комплексной экспоненты, рассчитанный аналитически, представляет собой дельта-функцию, расположенную на соответствующей частоте. Спектр получаемый с использованием этого метода наглядно показывает преобладающие амплитуды частот АИ, что дает возможность легко проводить частотный анализ полученного сигнала АИ.

Анализ спектров АИ процесса концевое фрезерование с малыми глубинами и ширинами фрезерования показал высокий уровень АИ в диапазоне частот 20-130 Гц, что соответствует вынужденным колебаниям системы. Анализ, же спектров процесса концевое фрезерование с довольно большими глубинами и ширинами фрезерования показал, что часть из них имеют высокий уровень АИ в диапазоне частот 1.5-5 кГц при этом наблюдался рост вибраций ТС, и появление характерного высокочастотного писка, что соответствует наличию автоколебаний системы. Таким образом, оценивать устойчивость процесса резания концевое фрезерование, предложено сравнением величины уровня АИ в диапазоне частот вынужденных колебаний 20-130 Гц и величины уровня АИ в диапазоне частот автоколебаний 1.5-5 кГц. В случае преобладания первого считаем, что процесс является устойчивым. В случае же, когда преобладает второй уровень считаем, процесс является неустойчивым.

Используя данный критерий, был проведен анализ спектров сигналов АИ концевое фрезерование полученных при различных режимах резания, с целью построения диаграмм устойчивости ТС. Была получена диаграмма устойчивости системы в зависимости от изменения частоты вращения шпинделя и ширины фрезерования, а так же диаграмма устойчивости системы в зависимости от изменения частоты вращения шпинделя и глубины фрезерования при прочих равных условиях. Форма диаграмм устойчивости имеет характерную пикообразную форму, и схожа с диаграммами устойчивости полученными аналитическим путем как зарубежными, так и отечественными авторами.