

А.М. Ханов, А.Е. Кобитянский, А.В. Шафранов

A.M. Khanov, A.E. Kobityansky, A.V. Shafranov

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
State National Research Polytechnical University of Perm

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ДИНАМИКУ ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE DYNAMICS OF SPINDLE ASSEMBLY

Представлены результаты математического моделирования влияния технологических факторов процесса плоского шлифования периферией круга на виброактивность шпиндельного узла станка. Получены численные оценки, позволяющие выбрать наиболее рациональные технологические параметры, обеспечивающие качественные характеристики обрабатываемой детали.

Ключевые слова: металлорежущие станки, шпиндельные узлы, математическое моделирование, динамика.

The results of mathematical modeling influence of technological factors surface grinding process by periphery of the circle on vibration characteristics of spindle assembly. Numerical evaluation for selecting the most rational technological parameters to ensure the qualitative characteristics of the workpiece was obtained.

Keywords: metal-cutting machines, spindle assemblies, mathematical modeling, dynamics.

Совокупность параметров, влияющих на динамические характеристики шпиндельного узла металлорежущего станка, представляет собой сложный конструктивно-технологический комплекс. Для оценки влияния таких параметров разработаны соответственно расчетная схема (рис. 1) и ее математическое описание (1) [1, 2].

Соотношения (1) представляют собой систему приведенных нелинейных дифференциальных уравнений и включают в себя коэффициенты, зависящие от конструктивных и технологических параметров процесса шлифования, а именно: инерционные коэффициенты, жесткостные, демпфирующие, силовые характеристики, характеристики обрабатываемого материала и инструмента, режимы резания и др.

$$[A] \cdot [\ddot{Y}] + [B(Y, t)] [\dot{Y}] + [C][Y] + [F(Y, t)] = [Q(Y, t)]. \quad (1)$$

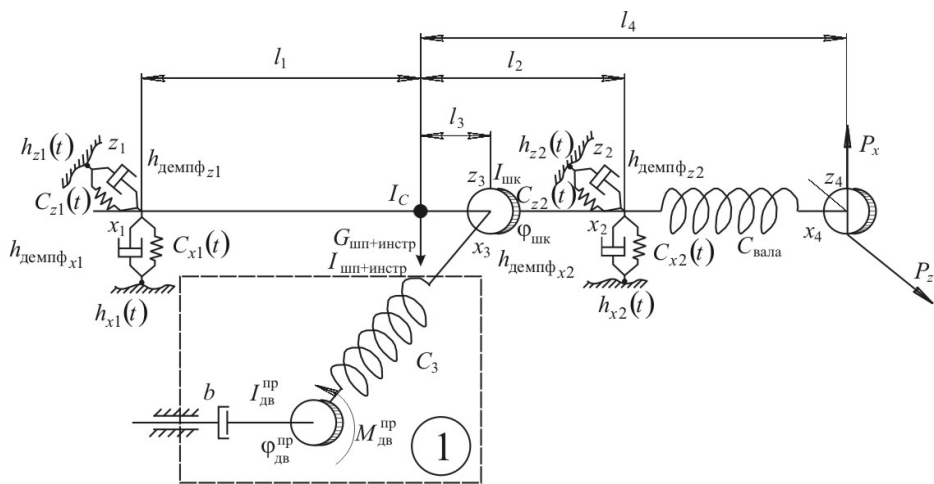


Рис. 1. Расчетная схема шпиндельного узла

Этап моделирования влияния технологических факторов процесса плоского шлифования периферией круга на виброактивность шпиндельного узла станка 3В642 осуществлялся на основе программного комплекса SpindelDinamic 6.6020 [1].

Программный комплекс позволяет моделировать процесс резания при плоском шлифовании. На рис. 2 представлен фрагмент расчетной осциллограммы виброперемещений инструмента и шпинделя в опорах в вертикальном направлении при $n_{шп} = 2000$ об/мин.

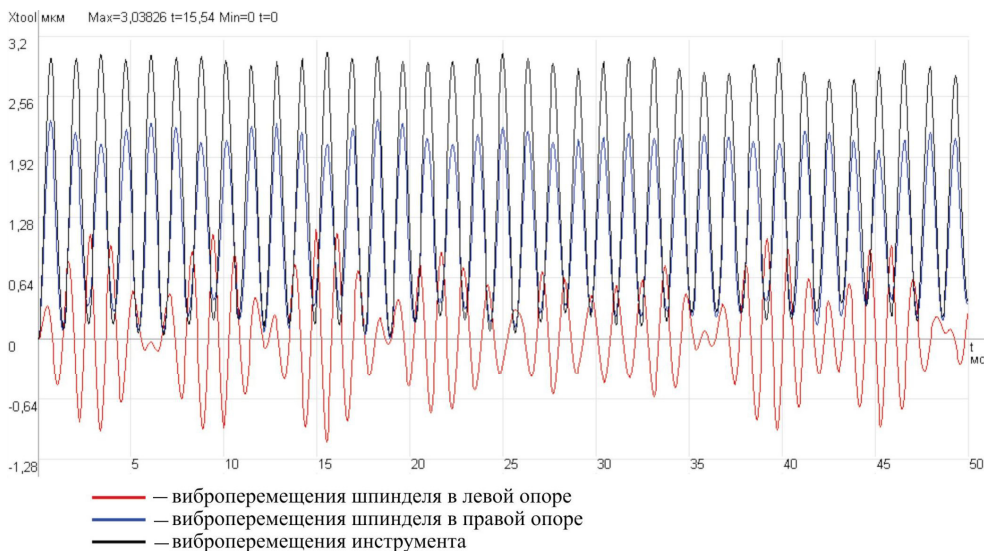


Рис. 2. Виброперемещения инструмента и шпинделя в опорах

Компьютерная обработка таких осциллограмм позволяет выявить величины виброхарактеристик системы при определенном наборе ее факторов.

Расчеты проводились для случая шлифования детали из конструкционной стали 12Х2Н4А посредством электрокорундового шлифовального круга типа 1-250×40×75 24А25НСМ26К5.

Процедура моделирования заключалась в варьировании определенных параметров режима резания при неизменных остальных в соответствии с табл. 1.

Таблица 1

Значения варьируемых параметров

Подшипник, типоразмер	Частота шпинделя n , об/мин	Глубина шлифования t , мм	Поперечная подача S , мм/ход	Скорость заготовки V_3 , м/мин	
36208	500	0,01	5,5	31,5	
	⋮				
	5500				
	2500	0,005			
		⋮			
		0,015			
		0,01	5,5		
			⋮		
			11		
				5,5	3
					⋮
					66

Для случая изменения скорости заготовки V_3 по рекомендациям [3, 4] в диапазоне 3–66 м/мин результаты расчетов иллюстрируются рис. 3.

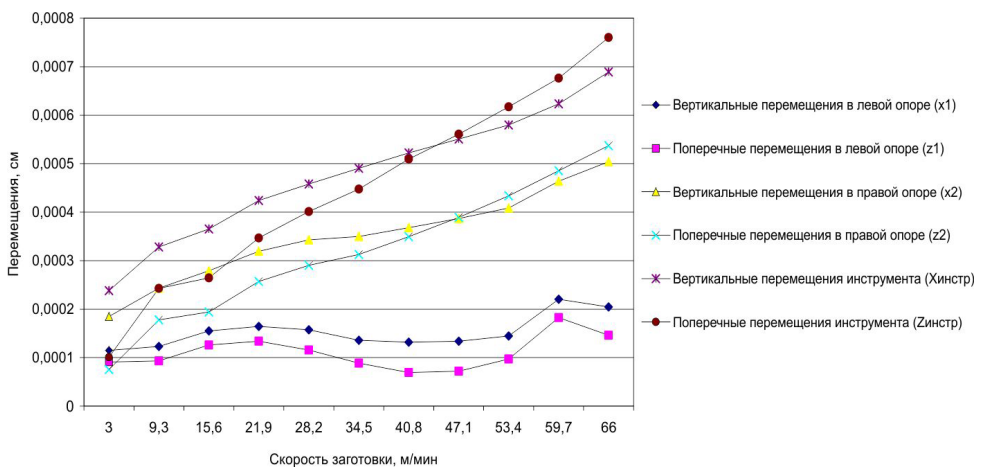


Рис. 3. График зависимости максимальных виброперемещений от скорости заготовки

Увеличение скорости заготовки приводит к значительному росту виброперемещений на инструменте и в правой опоре шпинделя (рис. 3). На левой опоре наблюдаются незначительные изменения колебаний, так как в силу конструктивных особенностей между опорами находится шкив ременной передачи, гасящий вибрацию.

Пределы изменения максимальных виброперемещений приведены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние скорости заготовки на пределы изменения виброперемещений элементов шпиндельного узла, мкм

Элемент	Вертикальная плоскость	Поперечная плоскость
Левая опора	1,14–2,20	0,69–1,82
Правая опора	1,85–5,04	0,76–5,37
Инструмент	2,38–6,89	1,01–7,60

При исследовании поперечной подачи S пределы изменения выбраны по [3, 4] в диапазоне 5,5–11,0 мм/ход. Диаграммы виброперемещений от S и пределы их изменения представлены на рис. 4 и в табл. 3.

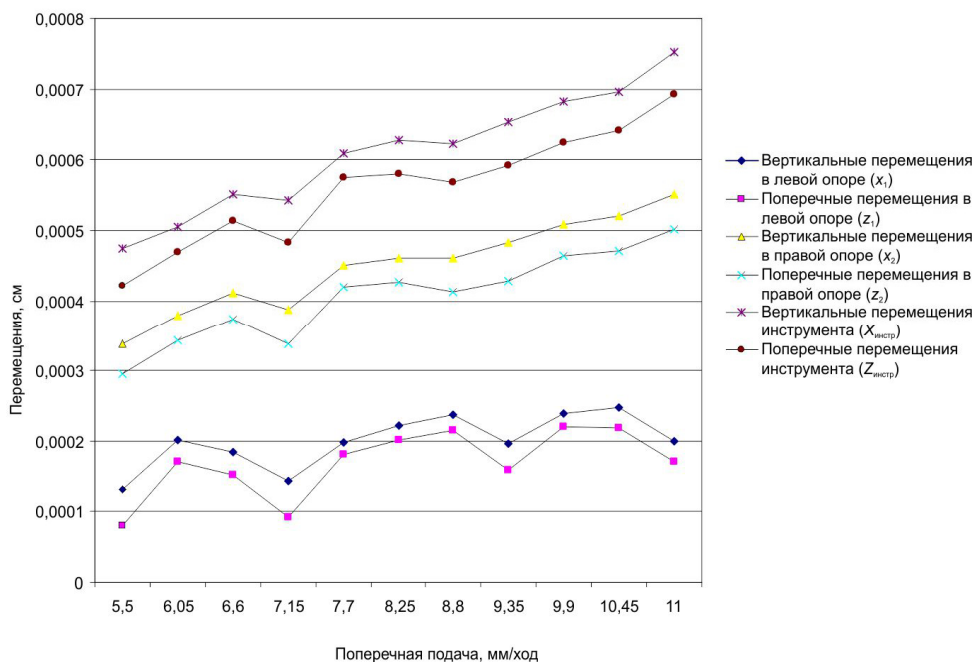


Рис. 4. График зависимости максимальных виброперемещений от поперечной подачи

Таблица 3

**Влияние поперечной подачи на пределы изменения
виброперемещений элементов шпиндельного узла, мкм**

Элемент	Вертикальная плоскость	Поперечная плоскость
Левая опора	1,31–2,47	0,80–2,20
Правая опора	3,38–5,51	2,95–5,02
Инструмент	4,74–7,53	4,21–6,93

Увеличение поперечной подачи, так же как и в предыдущем случае, приводит к росту вибрации в правой опоре и на инструменте.

Зависимость динамических характеристик от изменения глубины шлифования в пределах 0,005–0,013 мм характеризуется рис. 5 и табл. 4. Закономерности предыдущих случаев сохраняются.

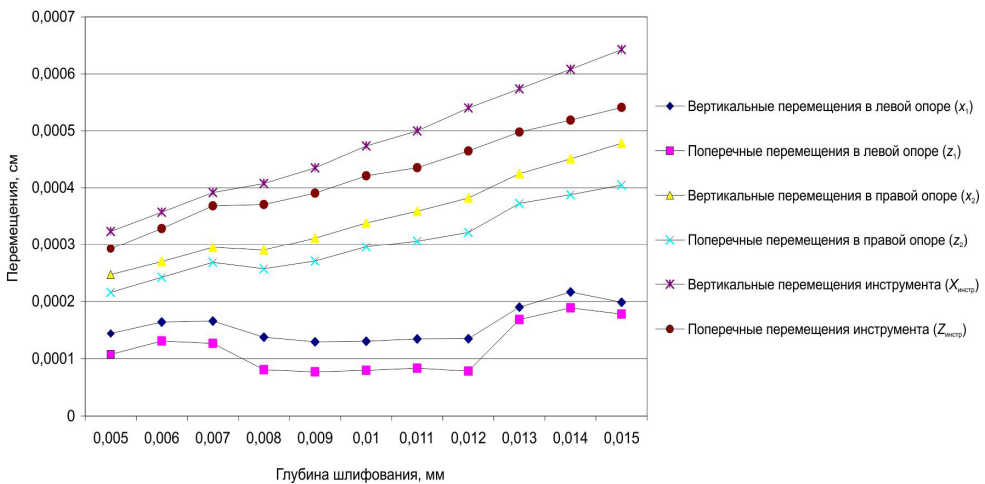


Рис. 5. График зависимости максимальных виброперемещений от глубины шлифования

Таблица 4

**Влияние глубины шлифования на пределы изменения
виброперемещений элементов шпиндельного узла, мкм**

Элемент	Вертикальная плоскость	Поперечная плоскость
Левая опора	1,30–2,16	0,77–1,79
Правая опора	1,47–4,78	2,16–4,05
Инструмент	3,23–6,42	2,92–5,41

Влияние частоты вращения шпинделя $n_{шп}$ рассматривалось во всем рабочем диапазоне станка 500–5500 об/мин. Расчеты представлены диаграммами рис. 6 и табл. 5, а на рис. 7 показано влияние частоты вращения шпинделя, например, на виброскорость инструмента в вертикальном направлении.

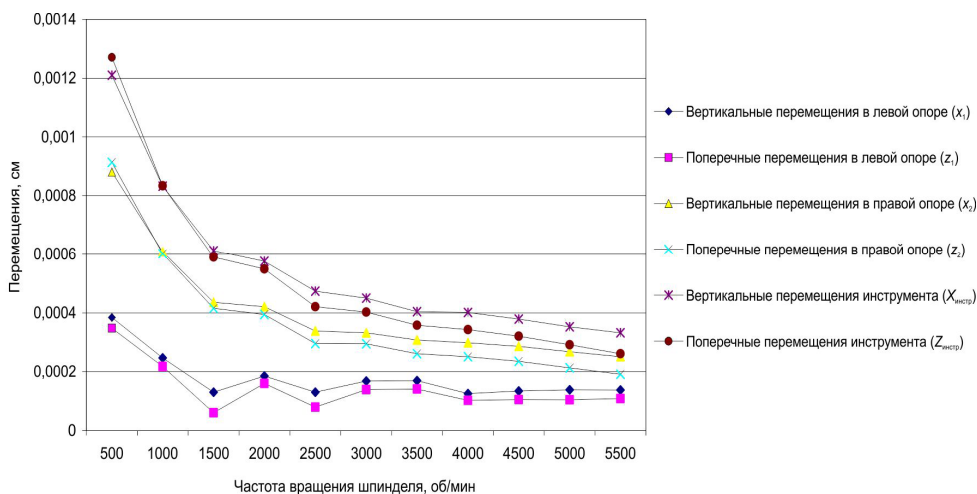


Рис. 6. График зависимости максимальных виброперемещений от частоты вращения шпинделя

Таблица 5

Влияние частоты вращения на пределы изменения виброперемещений элементов шпиндельного узла, мкм

Элемент	Вертикальная плоскость	Поперечная плоскость
Левая опора	1,26–3,84	0,61–3,47
Правая опора	2,51–8,80	1,91–9,13
Инструмент	3,32–12,10	2,61–12,71

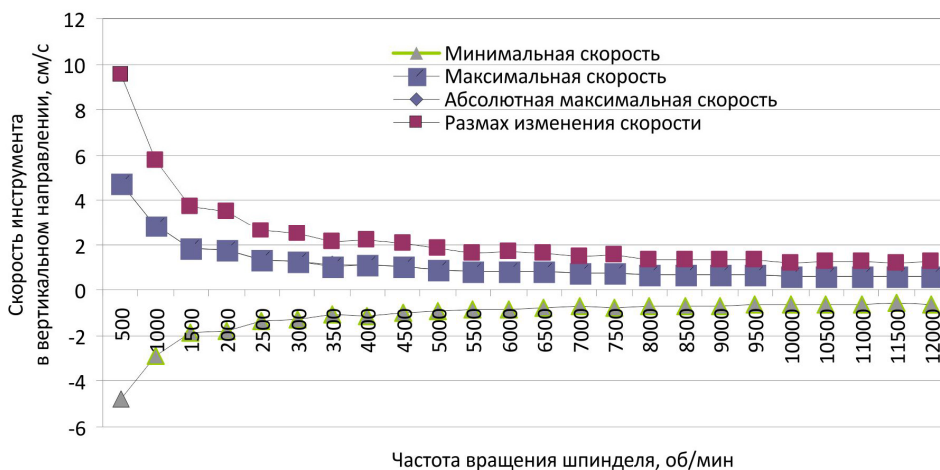


Рис. 7. График зависимости виброскоростей инструмента в вертикальном направлении от частоты вращения шпинделя

Из полученных диаграмм следует, что с увеличением частоты вращения шпинделя виброскорости и виброперемещения уменьшаются. Очевидно, это связано с тем, что высокочастотная составляющая собственной частоты находится за пределом рабочих скоростей шпинделя.

Таким образом, полученные численные оценки позволяют выбрать наиболее рациональные технологические параметры, обеспечивающие качественные характеристики обрабатываемой детали, а также перейти к направленному оптимизационному синтезу элементов шпиндельного узла.

Список литературы

1. Автоматизированный расчет динамических характеристик узлов технологических систем / А.М. Ханов, А.Е. Кобитянский, А.В. Шафранов, А.В. Пепельшев // Перспективные технологии и материалы: матер. междунар. науч.-техн. конф. 24 ноября 2008 г. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – С. 463–471.

2. Моделирование и натурные испытания шпиндельных узлов металло-режущих станков / А.М. Ханов, А.В. Шафранов, А.Е. Кобитянский, А.В. Пепельшев // СТИН. – 2009. – № 12. – С. 2–5.

3. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2 / под ред. А.М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 944 с.

4. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 461 с.

Получено 13.07.2011