

УДК 621.9

В.Ф. МАКАРОВ¹, А.В. ШОХРИН¹, О.Н. ПОТЯГАЙЛО²¹ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет», Россия²ОАО «Пермский моторный завод», Россия

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ТОЧЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГТД НА СТАНКАХ С ЧПУ ПО ФИЗИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Приведен обзор экспериментальных исследований влияния режимов резания на изменение физических параметров процесса резания, а также исследование влияния износа режущего инструмента на изменение физических параметров процесса резания. Использовался метод математического планирования эксперимента. Отмечено, что по результатам построения математической модели наиболее значимыми являются зависимости параметров вибрации и шума от режимов резания, а также от износа режущего инструмента. Отмечена необходимость управления процессом резания в режиме онлайн по выявленным зависимостям.

Ключевые слова: диагностика и управление процессом резания, вибрация, шум резания, режимы резания, износ режущего инструмента.

Введение

В настоящее время проблема диагностики и, соответственно, управления процессом резания на станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах действительно очень актуальна в связи с ускорением темпов развития техники и технологии. С помощью компьютерного стенда диагностики и управления процессом резания возможно сокращение в 50 и более раз трудоемкости и материалоемкости стойкостных испытаний с помощью моделирования многообразия факторов. Также, естественно, актуальным является предупреждение случайных поломок режущего инструмента и повреждения дорогостоящего оборудования.

В ПГТУ проводятся исследования на универсальном токарно-винторезном станке мод. 1Е61М при продольном точении образцов с помощью компьютерного стенда диагностики физических параметров процесса резания. Методика измерения физических характеристик (сила резания, температура резания, вибрация, шум, мощность привода, действительные обороты шпинделя) предусматривает исследование при различных режимах резания, при различной геометрии токарного резца, при различных марках материала режущей части резца, при различных обрабатываемых материалах, различных видах СОТС, при различном износе резца.

На данный момент в ПГТУ совместно с предприятием NATIONAL INSTRUMENT разрабатывается стенд для управления процессом резания в режиме онлайн. Стенд состоит из векторного датчика вибрации, датчика шума резания, а также программируемого контроллера автоматизации CompaсtRIO, пред-

назначенного для измерения физических параметров, сравнения уровня полученных параметров с заранее заданными критериями, анализа полученных данных, принятия решения по управлению процессом резания с целью снижения текущего уровня до или ниже заданного параметра. Объектом исследования является токарно-винторезный станок 16К20 с системой ЧПУ – Sinumerik 802.

1. Экспериментальная часть

На первом этапе проведены исследования влияния режимов резания на изменения физических параметров процесса резания.

Методика измерения характеристик (сила резания, температура, виброскорость, шум, мощность привода) основана на применении метода математического планирования эксперимента [2]. Была поставлена задача описания зависимости физических параметров процесса резания от скорости резания V , м/мин (x_1), подачи S , мм/об (x_2) и глубины резания t , мм (x_3). y_1, y_2, y_3 – исследуемые параметры при различных режимах резания. Исследуемыми параметрами являются: сила резания, температура резания, виброскорость, шум, мощность привода.

В качестве математической модели была принята неполная кубическая функция. Для получения оценок коэффициентов этого уравнения использован эксперимент типа 2^3 .

Были выбраны основные уровни факторов, близкие к применяемым в практике, а интервалы варьирования – исходя из реальных пределов колебаний значений факторов (табл. 1).

Таблица 1
Кодовые обозначения переменных

Уровни варьирования	Независимые переменные, влияющие на у		
	V, м/мин	S, мм/об	t, мм
	X ₁	X ₂	X ₃
Верхний +1	128	0,3	1,5
Нижний -1	16	0,05	0,5
Нулевой 0	72	0,175	1
Интервал варьирования	56	0,125	0,5

Условия испытаний:

- обрабатываемый материал – сталь 45,
- инструмент – проходной резец, оснащенный пластиной из твердого сплава T15K6,
- геометрические параметры инструмента выбраны согласно нормативам следующим образом:

$$\gamma = 10^\circ; \alpha = 8^\circ; \alpha_1 = 8^\circ; \varphi = 45^\circ;$$

$$\varphi_1 = 45^\circ; \lambda = 0^\circ; r_b = 0,5 \text{ мм};$$

Преобразование независимых переменных X_i к безразмерным переменным x_i проводится с помощью уравнения преобразования.

В каждой точке факторного пространства опыт повторялся по три раза.

После проведения всех необходимых расчетов коэффициентов в уравнении, а также потенцирования, получена математическая модель влияния режимов резания на виброскорость (1).

$$V = \frac{V^{0,08} \cdot S^{0,04+0,03 \ln t} \cdot t^{0,14}}{e^{0,65}} \text{ мм / сек.} \quad (1)$$

Затем была проведена проверка адекватности модели по критерию Фишера.

Аналогичным образом были построены и проверены остальные математические модели физических параметров процесса резания.

Затем по полученным математическим моделям были построены графики этих зависимостей.

При анализе всех полученных зависимостей выяснилось, что наиболее значимыми являются зависимости параметров шума и вибрации резания от режимов резания. Изменение составляющих сил резания, температура и мощности резания от режимов резания оказались менее значимыми, и в дальнейшей работе не анализировались.

Для комплексной оценки влияния режимов резания - скорости, подачи и глубины резания на шум и вибрацию резания полученные зависимости представлены в виде поверхностей отклика (рис. 1, 2). На данных графиках можно определить значения шума и вибрации при любом сочетании параметров режимов резания - скорости, подачи и глубины резания.

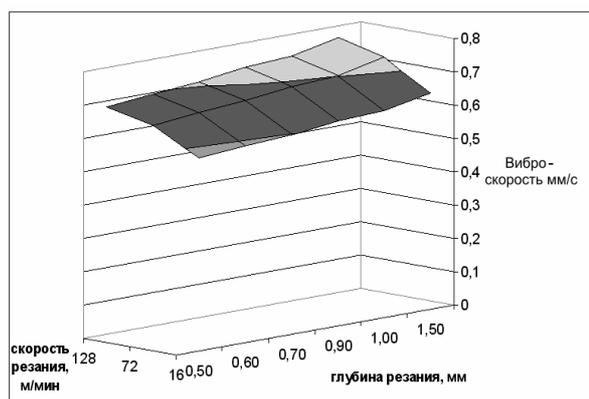


Рис. 1. Поверхность отклика – зависимость виброскорости от скорости резания и от глубины резания при постоянной подаче S = 0,3 мм/об.

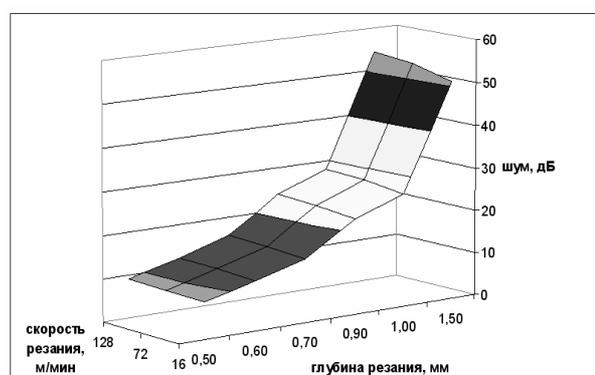


Рис. 2. Поверхность отклика – зависимость шума резания от скорости резания и от глубины резания при постоянной подаче S=0,3 мм/об.

Анализируя полученные зависимости виброскорости и шума резания от режимов резания можно сделать вывод, что на изменение шума и вибрации резания оказывает существенное влияние увеличение глубины резания. Увеличение подачи и скорости резания оказывают меньшее влияние.

На втором этапе проведены исследования влияния износа инструмента на изменение физических параметров процесса резания.

Величина износа по задней грани принималась $h_3 = 0,1; 0,3; 0,5$ мм.

Скорость резания в изменялась пределах от 16 до 128 м/мин, подача изменялась от 0,05 до 0,3 мм/об, а глубина резания от 0,5 до 1,5 мм.

По результатам анализа однофакторных исследований построены графики зависимостей всех изучаемых физических параметров процесса резания от износа режущего инструмента при различных режимах резания. Здесь также выявлено, что наиболее значимыми являются зависимости параметров шума и вибрации от износа резца. Далее приведены наиболее показательные графики зависимостей (рис. 3, 4).

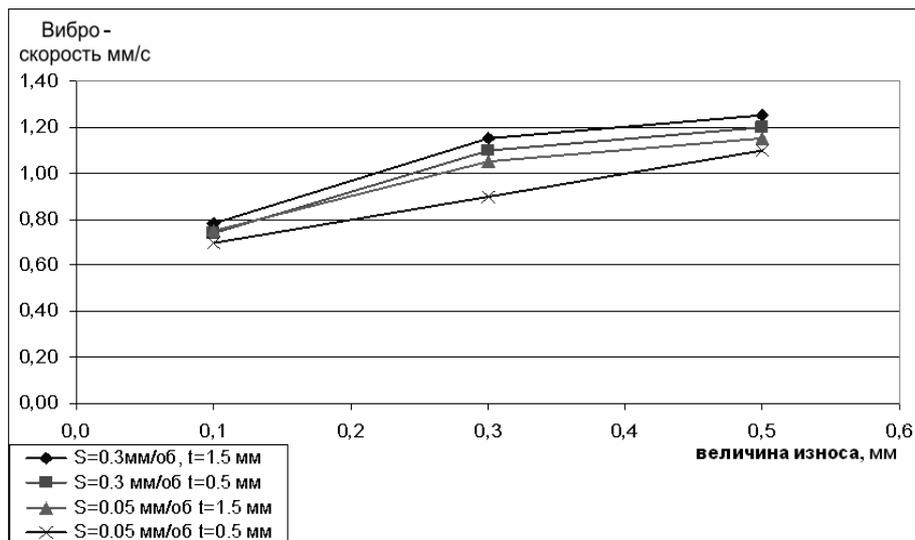


Рис. 3. График зависимости виброскорости от износа режущего инструмента ($V = 128$ м/мин)

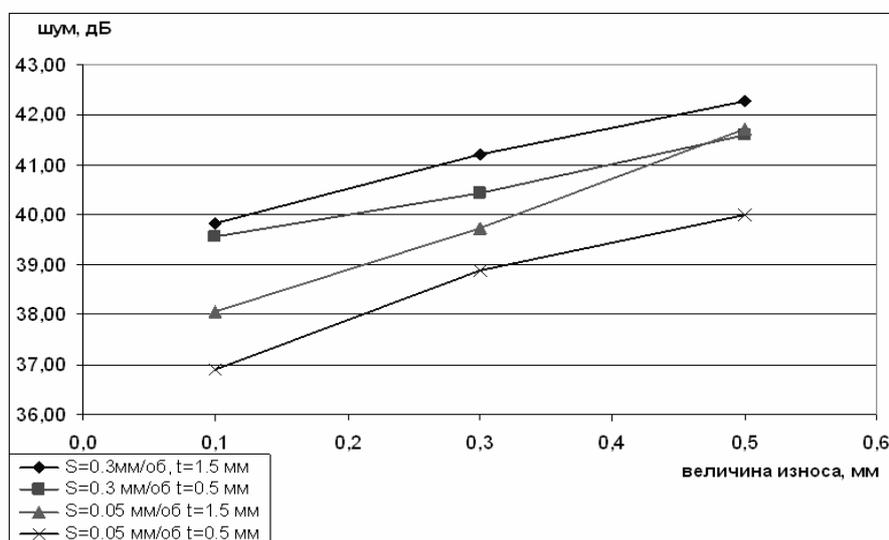


Рис. 4. График зависимости шума от износа режущего инструмента ($V = 128$ м/мин)

Установлено (рис. 3), что при резании со скоростью 128 м/мин с увеличением износа с 0,1 до 0,5 мм при подаче 0,05 мм/об и глубине резания 0,5 мм, виброскорость увеличивается от 0,7 до 1,1 мм/с на 57%. С увеличением подачи до 0,3 мм/об и глубины резания до 1,5 мм увеличивается виброскорость от 0,79 до 1,28 мм/с, то есть на 60%.

Установлено (рис. 4), что при увеличении износа с 0,1 до 0,5 мм и при малом сечении среза, подаче 0,05 мм/об и глубине резания 0,5 мм, шум резания увеличивается от 36,9 до 40 дБ, то есть на 8%. При увеличении сечения среза, глубине резания 1,5 мм и подаче 0,3 мм/об шум увеличивается от 39,9 до 42,3 дБ, то есть на 8%. Независимо от сечения среза для скорости резания 128 м/мин шум резания увеличивается на 8%.

Таким образом, увеличение износа резца оказывает существенное влияние на увеличение вибрации и в меньшей степени на увеличение шума резания.

2. Анализ полученных результатов

1. Увеличение скорости резания в диапазоне от 16 до 128 м/мин вызывает увеличение параметров вибрации при подаче 0,05 и глубине резания 0,7 мм на 11%, шум резания при подаче 0,05 и глубине резания 0,5 мм возрастает соответственно на 15%.

2. Увеличение подачи от 0,05 до 0,3 мм/об, вызывает увеличение шума с 7 до 10%, вибрации с 15 до 20%.

3. Увеличение глубины резания от 0,5 до 1,5 мм вызывает увеличение шума в 4,8 раза и вибрации от 10 до 12%.

4. Увеличение износа резца с 0,1 до 0,5 мм вызывает увеличение шума от 4 до 8%, и вибрации от 34 до 58%.

Заключение

Таким образом, наиболее значительными физическими параметрами процесса резания являются параметры вибрации и шума резания. Эти параметры могут служить основным объективными показателями состояния процесса резания на металлорежущих станках с ЧПУ. Это позволяет использовать разработанный диагностический центр для работы системы адаптивного управления режимами резания по мере износа инструмента, ускоренным методом назначать оптимальные режимы резания, объективно выбирать наиболее рациональную марку инструментального материала, вид и метод применяемого износостойкого покрытия инструмента.

Литература

1. *Повышение надежности технологических процессов методами эмиссионной диагностики / А.А. Барзов, В.П. Логинов, В.А. Горелов, А.Л. Галиновский, В.Д. Шашурин. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 30 с.*

2. *Большев Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов. – М.: Наука, 1965. – 474 с.*

3. *Горелов В.А. Разработка методов и средств эффективного выбора режимов резания труднообрабатываемых материалов на основе термосиловых характеристик процессов. Диссертация / В.А. Горелов. – М.: ИЦ МГТУ «Станкин», 2007. – 385 с.*

4. *Многофункциональная система диагностики процессов резания и инструмента / В.А. Горелов, В.А. Семенов, М.Г. Шеметов, А.В. Геранюшкин // Вестник машиностроения. – 2005. – № 9. – С. 22-24.*

5. *Козочкин М.П. Виброакустическая диагностика технологических процессов / М.П. Козочкин. – М.: ИКФ «Каталог», 2005. – 196 с.*

6. *Косилова А.Г. Справочник технолога машиностроителя / А.Г. Косилова, Р.К. Мецераков. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.*

7. *Кочеровский Е.В. Диагностики состояния режущего инструмента по силовым характеристикам процесса резания / Е.В. Кочеровский, Г.М. Лихциер. – М., 1988. – 40 с.*

Поступила в редакцию 31.05.2010

Рецензент: доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты» Иванов В.А., Пермский государственный технический университет, Пермь, Россия.

УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ТОЧІННЯ ДЕТАЛЕЙ ГТД НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК ПО ФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРАХ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ

В.Ф. Макаров, А.В. Шохрін, О.М. Потягаїло

Приведений огляд експериментальних досліджень впливу режимів різання на зміну фізичних параметрів процесу різання, а також дослідження впливу зносу ріжучого інструменту на зміну фізичних параметрів процесу різання. Використовувався метод математичного планування експерименту. Відмічено, що за наслідками побудови математичної моделі найбільш значущими є залежності параметрів вібрації і шуму від режимів різання, а також від зносу ріжучого інструменту. Відмічена необхідність управління процесом різання в режимі онлайн по виявлених залежностях.

Ключові слова: діагностика і управління процесом різання, вібрація, шум різання, режими різання, знос ріжучого інструменту.

OFFICE OF THE TURNING PROCESS PARTS GTE ON CNC MACHINES BY PHYSICAL PARAMETERS OF PROCESS CUTTING.

V.F. Makarov, A.V. Shohrin, O.N. Potyagailo

The review of experimental researches of influence of modes of cutting on change of physical parameters of process of cutting, and also research of influence of deterioration of the cutting tool on change of physical parameters of process of cutting is resulted. Were used the method of mathematical planning of experiment. It is marked, that by results of construction of mathematical model by the most significant dependences of parameters of vibration and noise on modes of cutting, and also from deterioration of the cutting tool are. Necessity of management by process of cutting in a mode online on the revealed dependences is marked.

Key words: diagnostics and management of process of cutting, vibration, noise of cutting, modes of cutting, deterioration of the cutting tool.

Макаров Владимир Федорович – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Технология машиностроения» Пермского государственного технического университета, Пермь, Россия, e-mail: tms3@pstu.ru.

Шохрін Антон Владимирович – ассистент кафедры «Технология машиностроения» Пермского государственного технического университета, Пермь, Россия, e-mail: ashv@list.ru.

Потягаїло Оксана Николаевна – инженер-технолог ОАО «Пермский моторный завод», аспирант кафедры «Технология машиностроения» ПГТУ, Пермь, Россия, e-mail: oksankanikol@list.ru.