

УДК 621.9

**ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНЫХ
ПРИЗНАКОВ, РАСКРЫВАЮЩИЕ
ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНАШИВАНИЯ
ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ
МЕТАЛЛОВ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ
СТАНКАХ**

*Кришталь В. А., Лапшин В. П.,
Радионова И. С.*

Донской государственной технической
университет, г. Ростов-на-Дону, Российская
Федерация

va_crystal@mail.ru

lapshin1917@yandex.ru

Статья посвящена вопросам оценки влияния различного рода измеряемых параметров на оценку степени изношенности инструмента при обработке металлов резанием. Статья носит обзорный характер и в целом предназначена для определения информативных признаков, определяющих дальнейший синтез интеллектуальной системы анализа состояния инструмента. В работе определено шесть признаков, наиболее значимыми из которых являются измеряемые значения сил и моментов, снимаемые с приводов, обеспечивающих формообразующие движения инструмента, а также температура в зоне резания. В дальнейшем планируется синтезировать интеллектуальную систему оценки износа инструмента, на вход которой будет подаваться разработанная система признаков.

Ключевые слова: информативные признаки, точение металлов, температура резания, зона резания, вибрации, мощность необратимых преобразований.

Введение. Современные системы обработки металлов на металлорежущих станках показывают стремительное повышение качества и точности обработки при сохранении производительности. В основном производство изделий из металлов идет на многофункциональных производственных центрах, которые сочетают в себе возможности осуществлять почти полный набор операций обработки. Однако на сегодня во многих предприятиях остаются еще старые металлорежущие станки, в том числе и токарной группы. Для обеспечения высокого качества обработки металлов на таких станках требуется постоянная их модернизация. Под модернизацией авторы понимают применение новой (современной) микропроцессорной техники, в том числе интеллектуальных систем управления, для обеспечения

UDC 621.9

**INFORMATIVE FEATURES ASSESSMENT,
REVEALING THE TOOL WEAR RATE
WHEN PROCESSING METALS ON
METAL-CUTTING MACHINES**

*Krishtal V. A., Lapshin V. P.,
Radionova I. S.*

Don State Technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation

lapshin1917@yandex.ru

va_crystal@mail.ru

The article is devoted to the issues of assessing the influence of various types of measured parameters on the assessment of the tool wear rate during metal cutting. The article is an overview and is generally intended to identify informative features that determine the further synthesis of an intellectual system for analyzing the state of an instrument. The article defines six features, the most significant of which are the measured values of forces and moments taken from the drives providing the shaping movements of the tool, as well as the temperature in the cutting zone. In the future, it is planned to synthesize an intelligent system for assessing the tool wear rate, to the input of which the developed system of features will be fed.

Keywords: informative features, turning of metals, cutting temperature, cutting zone, vibrations, power of irreversible transformations.

высокой производительности и высокого качества работы системы в целом. Одним из перспективных направлений такой модернизации является учет и прогноз интенсивности изнашивания инструмента при планировании операций обработки.

Анализ структуры процесса изнашивания с точки зрения измеряемых координат процесса резания

В современных работах, посвященных формированию износа и оценки его влияния на процесс резания, разделяют следующие основные группы признаков износа:

- вибрация инструмента;
- температура в зоне резания;
- геометрические параметры инструмента;
- сигнал виброакустической эмиссии;
- силы, моменты;
- суммарную потребляемую мощность, израсходованную в процессе резания.

Вопросы оценки вибрационных движений инструмента при резании, с точки зрения влияния на них износа, описаны в ряде современных работ [1–10]. Так в [9] речь идет о связи вибраций при резании с качеством получаемой поверхности. Рассматривается ультразвуковое резание как способ регулирования амплитуды автоколебаний режущего инструмента за счет релаксации с высокой частотой потенциальной энергии, накапливаемой в упругой системе при снятии стружки. В работе [1] говорится об управлении износом инструмента и производительностью процесса при электроэрозионной обработке. Особое внимание уделяется скважности импульсов, которая оказывает непосредственное влияние на износ режущего инструмента. Увеличение скважности улучшает качество поверхности, но способствует износу электрода-инструмента.

Вопросы влияния температуры в зоне обработки на износ режущего инструмента описаны в ряде современных работ [11–15]. В работе [13] идет речь о влиянии износостойких покрытий инструмента на различные параметры процесса резания при точении: силу резания, коэффициент утолщения стружки, коэффициент трения стружки о переднюю поверхность инструмента, температуру в зоне резания. Известно, что для конкретной пары обрабатываемый-инструментальный материал при заданных условиях обработки существуют оптимальные режимы резания, при которых обеспечивается минимальный износ инструмента, а также наилучшие показатели параметров качества поверхностного слоя и эксплуатационные свойства детали после обработки. Оптимальным режимам резания соответствует оптимальная температура резания, которая является своего рода константой для пары инструментальный-обрабатываемый материал. Значение оптимальной температуры резания не зависит от геометрических параметров инструмента. Одним из объяснений минимального размерного износа инструмента при оптимальной температуре резания является максимальное значение отношения твердости инструментального материала к твердости обрабатываемого. В работе [14] изучен вопрос влияния температуры резания на энергетические параметры контакта инструмента с деталью. В работе [15] сообщается об оценках доли энергии, затрачиваемой на износ в условиях резания. Приведены оценки доли энергии трения, «ответственной» за износ.

Вопросы влияния износа на геометрические параметры инструмента рассмотрены в работах [16–20].

Вопросы оценки текущего износа по сигналу виброакустической эмиссии рассмотрены в работах [21–24]. В работе [23] рассмотрен вопрос контроля состояния режущей кромки резца виброакустическим методом. Результаты математического моделирования картины акустического поля резца в работе позволили предположить, что виброакустический метод можно использовать

для контроля лезвия резца. Однако процесс резания сопровождается большим количеством виброакустический помех периодического и непериодического характера.

Оценка влияния динамики процесса резания на устойчивость деформационных движений и качество обработанной поверхности представлено в работах [25–30]. С точки зрения авторов наибольший интерес представляет работа [30], в которой рассматриваются вопросы эволюции инструмента при резании металлов в металлорежущих станках. В целом эта работа и многие другие позволяют сделать вывод о накапливаемом влиянии выделившейся в результате обработки мощности необратимых преобразований.

Формирование информационных признаков оценка интенсивности износа инструмента

Общий анализ озвученных выше работ, а также общепринятый подход к описанию процессов обработки позлил сформировать следующую структурную схему, отражающую представление авторов об оценивании износа инструмента по внешним (измеряемым) признакам (рис. 1).

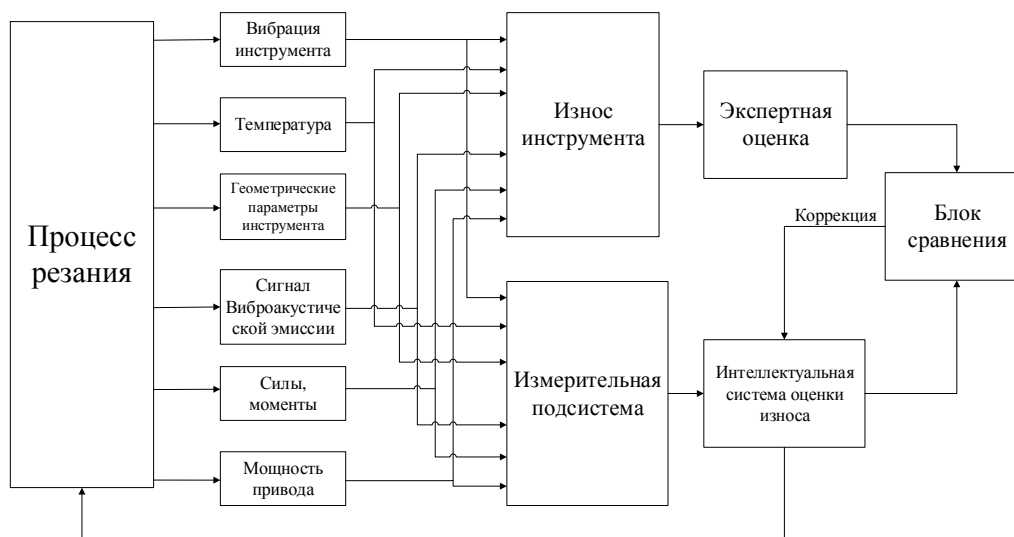


Рис. 1. Структурная схема синтезируемой информационной системы

Как видно из рис. 1, оценка интенсивности износа может проводиться по результатам анализа вибраций инструмента вдоль осей деформации, по температуре в зоне обработки, визуально по результатам анализа геометрических параметров эксперимента, по измеряемому сигналу виброакустической эмиссии, по результатам измерения сил и моментов, формируемых в зоне резания, а также по расчетной потребляемой мощности электроприводов, приводящих в движение инструмент и обрабатываемое изделие. Для синтеза системы оценки степени изношенности инструмента при резании, а также для настройки интеллектуальной подсистемы прогнозирования дальнейшего развития износа, требуется постоянная настройка и коррекция используемой системы. Для этого в структуру системы управления авторами введена процедура выборочной экспертной оценки, под которой понимаем объективную оценку износа человеком и блок коррекции интеллектуальной системы оценки по результатам выборочной оценки.

Заключение. Таким образом, в работе приведен первичный анализ основных подходов к формированию оценки степени изношенности инструмента по косвенным измеряемым в процессе обработки признакам с предложением последующего человекоподобного алгоритма интеллектуальной оценки текущего износа и прогноза последующего его развития. В дальнейшем авторы планируют разработку нейросетового алгоритма оценки износа с возможностью его коррекции или перестройки.

Библиографический список

1. Федонин, О. Н. Управление износом инструмента и производительностью процесса при электроэрозионной обработке / О. Н. Федонин, С. Ю. Съянов, Н. И. Фомченкова // Вестник Брянского государственного технического университета. — 2014. — № 3. — С. 85.
2. Корпелянский, О. Ф. Ультразвуковое приспособление для заточки осевого инструмента / О. Ф. Корпелянский // Известия Волгоградского государственного технического университета. — 2011. — Т. 13. — № 7. — С. 15.
3. Папшева, Н. Д. Повышение эффективности процесса нарезания зубчатых колес / Н. Д. Папшева, О. М. Акушская // Инженерный вестник Дона. — 2015. — Т. 36. — № 2–2. — С. 54.
4. Бржозовский, Б. М. Модель колебаний с учетом упруго-диссипативных связей в системе резания / Б. М. Бржозовский, В. В. Мартынов, И. Н. Янкин // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П. А. Соловьева. — 2017. — № 1. — С. 259–263.
5. Игнатьев, А. А. Моделирование динамической системы токарного станка с ЧПУ и оценка ее запаса устойчивости при изменении режима резания / А. А. Игнатьев, Н. А. Казинский, С. А. Игнатьев // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. — 2017. — С. 134–141.
6. Данильчик, С. С. Оптимальные параметры асимметричных колебаний инструмента для стружкодробления при точении вязких конструкционных сталей / С. С. Данильчик, В. К. Шелег // Наука и техника. — 2017. — № 5. — С. 376–382.
7. Шелег, В. К. Условия устойчивого стружкодробления и обеспечения качества обработанных поверхностей при точении с асимметричными колебаниями инструмента / В. К. Шелег, В. И. Молочко, С. С. Данильчик // Наука и техника. — 2015. — № 3. — С. 19–24.
8. Реченко, Д. С. Определение стабильных условий высокоскоростного шлифования с учетом вибрационной составляющей шлифовально-заточного станка / Д. С. Реченко, Е. В. Леонтьева, М. Г. Матвеева // Динамика систем, механизмов и машин. — 2014. — № 2. — С. 201.
9. Козочкин, М. П. Исследование связи вибраций при резании с качеством получаемой поверхности / М. П. Козочкин, Н. В. Солис // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия : Инженерные исследования. — 2009. — № 2. — С. 124–126.
10. Владимиров, А. А. Влияние амплитуды колебаний на составляющие функции комплексного вибрационного воздействия низкочастотных колебаний / А. А. Владимиров, А. П. Сергиев // Известия Волгоградского государственного технического университета. — 2018. — № 7. — С. 13–16.
11. Пушных, В. А. Оценка влияния исходных данных на результаты расчета температуры в зоне резания / В. А. Пушных, В. Л. Бирик // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — 2006. — Т. 309. — № 4. — С. 134–135.
12. Кушнер, В. С. Влияние температуры на сопротивление пластическим деформациям в зоне пластического контакта на передней поверхности при резании / В. С. Кушнер, О. Ю. Бургонова, Д. С. Губин // Омский научный вестник. — 2015. — № 2 (140). — С. 34–38.
13. Фоменко, Р. Н. Исследование влияния износостойких покрытий инструмента на различные параметры процесса резания при точении / Р. Н. Фоменко // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. — 2009. — Т. 12. — № 4. — С. 51–55.
14. Каримов, И. Г. Влияние температуры резания на энергетические параметры контакта инструмента с деталью / И. Г. Каримов // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. — 2012. — Т. 16. — № 4 (49). — С. 85–89.
15. Рыжкин, А. А. К вопросу оценки доли энергии, затрачиваемой на износ в условиях резания / А. А. Рыжкин // Вестник Донского гос. техн. ун-та. — 2014. — Т. 14. — № 3 (78). — С. 152–163.

16. Морозов, А. В. Моделирование геометрии поверхности, шлифованной инструментом с дискретной режущей поверхностью / А. В. Морозов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. — 2015. — Т. 3. — №. 7-2. — С. 237–241.

17. Рудь, В. Д. Экспериментальное исследование влияния геометрии режущего инструмента и скорости резания на технологические параметры токарной обработки / В. Д. Рудь // Науковінотатки. — 2015. — №. 48. — С. 199–205.

18. Заковоротный, В. Л. Влияние геометрии режущего инструмента на динамику процесса точения / В. Л. Заковоротный, В. Е. Гвинджилия, В. С. Минаков // Вестник Донского гос. техн. ун-та. — 2018. — Т. 18. — №. 2. — С. 201–213.

19. Семенченко, И. И., Проектирование металлорежущих инструментов / И. И. Семенченко, В. М. Матюшин, Г. Н. Сахаров. — Москва :Рипол Классик, 2013. — С. 437–441.

20. Лукьянов, А. Д. Методы экспериментального анализа вибрационной активности процесса фрезерования / А. Д. Лукьянов, А. А. Губанова, И. А. Семко // Проблемы проектирования и автоматизации в машиностроении-2016. — 2016. — С. 20–25.

21. Заковоротный, В. Л. Динамическая диагностика процесса обработки методами поверхностного пластического деформирования / В. Л. Заковоротный, В. С. Минаков, М. М. Ханукаев // Вестник Донского гос. техн. ун-та. — 2012. — №. 1-2 (62). — С. 38–45.

22. Добровинский, И. Р. К вопросу контроля состояния режущей кромки резца виброакустическим методом / И. Р. Добровинский, Ю. Т. Медведик, М. Ю. Медведик // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. — 2014. — №. 3 (31). — С. 102–116.

23. Сидоров, А. С. Мониторинг и прогнозирование износа режущего инструмента в мехатронных станочных системах / А. С. Сидоров. — Уфа : Уфимский государственный авиационный технический университет. — 2007. — С. 122.

24. Заковоротный, В. Л., Управление процессом сверления глубоких отверстий спиральными сверлами на основе синергетического подхода / В. Л. Заковоротный, В. П. Лапшин, И. А. Туркин // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. — 2014. — №. 3 (178). — С. 33–41.

25. Лапшин, В. П. Оценка влияния скорости подачи, на равновесные режимы привода обеспечивающего фрезерование заготовки переменной толщины / В. П. Лапшин, Р. А. Тюняев, В. В. Христофорова // Динамика технических систем. — 2016. — С. 180–184.

26. Лапшин, В. П. Об одном частном случае синтеза системы управления процессом обработки металлов точением / В. П. Лапшин, Т. С. Бабенко, В. В. Христофорова // Вестник Донского гос. техн. ун-та. — 2017. — Т. 17. — №. 1 (88). — С. 75–84.

27. Лапшин, В. П. Влияние свойств сервопривода шпинделя на динамику сверления глубоких отверстий малого диаметра / В. П. Лапшин, И. А. Туркин // Вестник Донского гос. техн. ун-та. — 2013. — №. 5-6 (74). — С. 125–130.

28. Заковоротный, В. Л. Определение оптимальных координат переключения циклов обработки в эволюционной динамической системе резания / В. Л. Заковоротный, В. П. Лапшин, А. А. Губанова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. — 2014. — №. 4 (179). — С. 59–63.