

### *Список цитированных источников*

1. Брагин, В. Б. Системы оцувствления и адаптивные промышленные роботы / В. Б. Брагин, Ю. Г. Войлов, Ю. Д. Жаботинский. – М. :Машиностроение, 1985. – 256 с.
2. Галимов, Р. Р. Исследование роботизированного сборочного комплекса с техническим зрением : руководство к лабораторной работе / Р. Р. Галимов, К. Э. Сюсин. – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2011. – 35 с.
3. Автоматические манипуляторы и робототехнические системы / С. С. Аншин [и др.]; под общ. ред. Я. А. Шифрина, П. Н. Белянина. – М. : Машиностроение, 1989. – 272 с.

УДК 621.9

*Жук С. В. и Ярмолюк П. И.*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Саливончик Ю. Н.*

## **ФИКСАЦИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА В ПРОЦЕССЕ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ РЕЗАНИЕМ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Целью работы является исследование динамических процессов, возникающих в технологических системах при обработке резанием и установление их связи с параметрами, определяющими техническое состояние режущих инструментов, а также систематизация и анализ современных достижений в данной области.

Задачи: 1) расширить имеющиеся знания и исследовать информативность вибрации в процессе резания на основе данных эксперимента;  
2) провести эксперимент и обработать полученные данные.

Обработка резанием является наиболее распространённым способом формообразования в промышленности. В силу этого сами процессы, а также динамические явления, имеющие место в технологических станочных системах, являются объектом постоянного изучения и оптимизации. Высокий уровень развития современного машиностроительного производства также предусматривает широкое использование безлюдных технологий. Это обуславливает необходимость развития и внедрения средств автоматизации различных этапов производственного процесса, в том числе контроля и мониторинга технического состояния режущих инструментов и элементов станочных систем.

Своевременное установление степени изношенности режущего инструмента позволяет в нужный момент вывести его из работы и не допустить поломки, что приводит к экономии инструментального материала при переточке и увеличению срока службы режущего инструмента. Это особенно важно в современных условиях, когда даже минимальная экономия, например времени обработки, при массовом производстве может привести к значительному снижению себестоимости, что даст преимущество на рынке.

В процессе резания на лезвие инструмента действуют силы сопротивления его перемещению по траектории относительного рабочего движения. Результа-

рующая этих сил называется силой резания. Силы сопротивления рабочему движению лезвия не стабильны: их значения могут колебаться на  $\pm(5...10)$  % от средней величины. По тем же причинам нестабильно и направление действия силы резания, которое изменяется одновременно с текущим значением силы резания. Периодические изменения (колебания) силы резания могут привести к нежелательным вибрациям.

Источниками, препятствующими рабочему движению лезвия режущего инструмента и приводящим к возникновению сил резания, являются:

1) сопротивление обрабатываемых материалов пластической деформации стружкообразования;

2) сопротивление пластически деформированных металлов разрушению в местах возникновения новых поверхностей;

3) сопротивление срезаемой стружки дополнительной деформации изгиба и ломанию;

4) силы трения на лезвии и других трущихся поверхностях рабочей части инструмента.

Наиболее эффективным направлением в контроле режущих инструментов является их мониторинг (непрерывный контроль). Все методы контроля текущей работоспособности режущего инструмента можно условно разделить на четыре группы:

1) устройства, в которых объектом контроля является режущий инструмент (ширина площадки износа, температура, расстояние от вершины или режущей кромки до постоянной базы);

2) объектом контроля является обрабатываемая деталь (размеры, шероховатость обработанной поверхности, температура на поверхности);

3) объектом контроля является стружка (форма, направление схода, температура);

4) объектом контроля является процесс резания (длительность цикла обработки, мощность резания, силы резания, вибрации, акустическая эмиссия, ЭДС в зоне резания).

В свою очередь методы, представленные в этих группах, можно поделить на методы прямого контроля, основанные на регистрации износа инструмента, и косвенного контроля, использующие физические явления, сопровождающие процессы резания и изнашивания инструмента.

Устройства для прямого контроля обеспечивают более высокую достоверность измерений и поэтому получили широкое распространение. Виды таких устройств:

– оптические устройства;

– контактные устройства;

– устройства, основанные на контроле времени прохождения ультразвуковых волн через твердое тело;

– устройства, основанные на контроле уровня колебаний;

– устройства, основанные на измерении акустической эмиссии;

– устройства, основанные на контроле формы стружки.

Обеспечение надежности и эффективности процесса механообработки явля-

ется невозможным без информации о текущем состоянии режущего инструмента и, прежде всего, количественной оценки интенсивности изнашивания режущего инструмента. Недоступность зоны резания для прямого наблюдения вынуждает строить модели и судить о контактных процессах по косвенным параметрам.

Актуальность задачи повышается при обработке труднообрабатываемых материалов, поскольку для этих материалов трудоемкость обработки заготовки соизмеримы с ресурсом инструмента. Остановка процесса по причине износа инструмента часто означает брак дорогостоящей детали. Контроль состояния и замена инструмента в реальных производственных условиях осуществляется на основе расчетной стойкости. Но в зависимости от качества инструмента вариационная стойкость инструмента в одной партии колеблется от 15 до 35 %, если время работы инструмента определяется наихудшим образцом в партии, то наиболее стойкие образцы при фиксированной наработке используют свой ресурс лишь на 65 %. Измерение износа режущего инструмента возможно после каждого цикла обработки, но в этом случае нет возможности идентифицировать критические состояния инструмента, такие как: поломка, скол, выкрашивание, а также осуществлять долгосрочные прогнозы. Без информации об интенсивности изнашивания инструмента невозможна оптимизация процессов резания. Для этих целей выделен ряд критериев износа – сумму признаков (или один решающий признак), при которых работа инструментом должна быть прекращена.

#### Критерии износа:

1) силовой – о возрастании износа инструмента судят по быстрому росту сил резания;

2) технологический – при котором работу инструмента прекращают по технологическим ограничениям: резкое увеличение шероховатости обработанной поверхности; потеря инструментом необходимого размера; возникновение вибраций; чрезмерный нагрев детали; поломка малопрочного инструмента и т. п. Критерий технологического износа в основном используют при исследовании и эксплуатации инструмента, предназначенного для чистовой и окончательной обработки;

3) равный допустимый износ – представляет собой горизонтальную линию, пересекающую линии износа  $h_{3max}(\tau)$  в точках 1, 2, 3 (рисунок 1). При эксплуатации в производственных условиях группы инструментов при различных сочетаниях влияющих факторов (скорость резания, подача, глубина, свойства инструментального и обрабатываемого материалов, передний угол) наиболее просто допустимый максимальный линейный износ по задней поверхности устанавливать равновеликим для всего семейства кривых износа. При использовании критерия равного износа в производственных условиях необходимо следить за состоянием износа задней поверхности лезвия и при достижении установленного критерия равного износа дальнейшую работу надо прекратить и изношенный инструмент заменить;

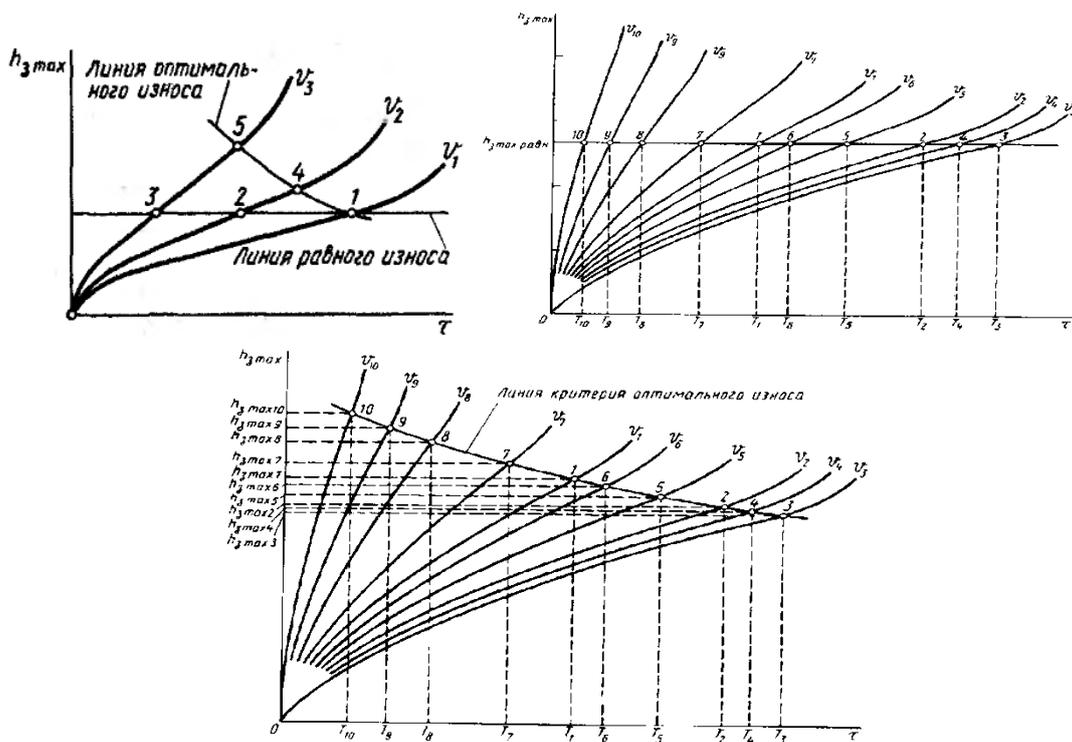


Рисунок 1 – Критерии равного и оптимального допустимого износа

4) оптимальный допустимый износ – линия критерия оптимального износа криволинейна и проходит через точки 1, 4, 5 перегиба кривых износа (рисунок 1). На конечных участках каждой из кривых обозначаются точки перегиба, за которыми резко возрастает интенсивность изнашивания. Критерий равного износа обычно соответствует точке перегиба кривой износа для самой малой из скоростей резания. Поэтому точки перегиба для больших скоростей резания располагаются выше линии равного износа. Наличие прямолинейных отрезков кривых износа (2–4, 3–5), лежащих между горизонтальной линией равного износа и точками перегиба, говорит о том, что при работе со скоростями резания  $V > V_1$  при использовании критерия равного износа остаются неиспользованными резервы режущих свойств инструментов. Поэтому на практике при работе на автоматических линиях и станках с ЧПУ критерий оптимального износа является более производительным и экономичным.

Были проведены предварительные экспериментальные исследования отмеченных процессов с использованием высокопроизводительной компьютерной системы. Полученные в ходе испытаний результаты позволили установить высокую чувствительность различных факторов на изменения вибрационных параметров и сил резания, что предполагает создание прикладных научно-методических положений по оценке состояния инструментов, определяемого износом, и процесса резания.

Разработана методика проведения эксперимента, в рамках которого производилось накопление информационной базы значений вибрационного сигнала, соответствующих различным состояниям режущего инструмента. Также важным с точки зрения дальнейшей обработки данных является представление накопленной информации в цифровом виде, что позволяет применять для её обработки известные математические методы.

Проведённые исследования позволили экспериментально обосновать возможность использования измеряемых параметров для применения в реальных режимах работы. Ценность данной информации, её доступность для обработки при использовании современных программных и аппаратных средств повышают её актуальность не только в научных исследованиях, но и в практических целях.

#### Список цитированных источников

1. Пьезоэлектрические датчики / Б. Билл [и др.] // «Датчики и сбор данных измерения: материалы IX симпозиума, 4–6 июня 2002 г. – Ессинген-Неккаре: Техническая академия, 2002.
2. Kosmol, J. Automatyzacja obrabiarek i obróbki skrawaniem / J Kosmol. – Warszawa: WNT, 2000.
3. Теория резания / – П. И. Ящерицын [и др.] – Минск. : Новое знание, 2006.
4. Грановский Г.И., Резание металлов / Г. И. Грановский, В. Г. Грановский. – М. : Высшая школа, 1985.

УДК 629.113:004.94

*Кисель М. С.*

*Научный руководитель: к. т. н., доцент Монтик С. В.*

### МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ КОММЕРЧЕСКОЙ МОЙКИ СТАНЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Одним из способов определения оптимального количества постов технического обслуживания (ТО) и ремонта при проектировании или реконструкции станций технического обслуживания автомобилей (СТОА) является использование имитационного моделирования, которое позволяет задавать требуемые законы распределения потока требований на обслуживание и потока обслуживания, а также определять коэффициент загрузки постов, среднюю длину очереди и время нахождения в ней, количество обслуживаний за определенный период.

Рассмотрим применение имитационного моделирования для оптимизации количества постов механизированной коммерческой мойки СТОА. В качестве объекта для моделирования рассматривался процесс функционирования коммерческой механизированной портальной мойки автомобилей. При оптимизации важным вопросом является определение условий увеличения количества постов мойки, например, перехода от одного к двум постам.

Первоначально проводился расчет количества постов механизированной коммерческой мойки  $X_{\text{умр}}^M$  по типовой детерминированной методике, изложенной в [1]:

$$X_{\text{умр}}^M = d_{\text{сут}}^M \cdot \varphi / (T_{\text{сут}} \cdot N_y \cdot \eta), \quad (1)$$

где  $d_{\text{сут}}^M$  – суточное число заездов для выполнения уборочно-моечных работ (УМР);  $\varphi$  – коэффициент неравномерности поступления автомобилей на посты