

Особенностью данной системы является интегрированное на аппаратном уровне программное обеспечение и выдача информации в Ethernet. Это позволяет работать с измерительной информацией без установки дополнительного программного обеспечения на любом компьютере при помощи стандартного Интернет-браузера.

Общим требованием ко всем программным средствам КУН является возможность вычисления объема и массы нефтепродуктов с учетом геометрии резервуаров, изменения температуры и физических свойств измеряемой среды, сведения материального баланса нефтепродуктов путем сравнения показаний расходомеров с текущими изменениями массы продукта в резервуаре при перекачке, генерации отчетов в автоматическом режиме.

УДК 621.9.048.4

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РОЛИКА С ПОДВИЖНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ПРИ ПОДАЧЕ НА НЕГО УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ ПОД УГЛОМ К ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСИ**

**М.Г. Киселев, А.В. Дроздов**

*Белорусский национальный технический университет, Минск*

**Введение.** Часто поверхностное пластическое деформирование деталей машин выполняется методом обкатки их роликами под нагрузкой. Этот же принцип используется при шаржировании распиловочных дисков зернами алмазных микропорошков путем их вдавливания в материал инструмента накатным роликом [1].

При этом необходимо, чтобы движение накатного ролика создавало благоприятные условия для гарантированного попадания алмазных зерен в зону контакта, а также обеспечивало их интенсивное вдавливание в материал дисков и надежное закрепление в них. Известно, что ультразвуковые колебания [2, 3] позволяют влиять на кинематику и динамику взаимодействия трущихся поверхностей в условиях трения скольжения и не могут быть напрямую использованы для оценки управляющего влияния ультразвука на процесс контактного взаимодействия деформирующего инструмента с обрабатываемой поверхностью при методе обкатки, т.е. в условиях трения качения. Поэтому цель данной работы заключалась в теоретической

оценке влияния интенсивности и направления введения ультразвуковых колебаний, сообщаемых накатному ролику, на условия его контактного взаимодействия с обрабатываемой поверхностью.

**Расчетная модель, примененная в исследованиях.** Для математического описания процесса контактного взаимодействия ролика с подвижной поверхностью при сообщении ему продольных ультразвуковых колебаний, направленных под углом к вертикальной оси, разработана математическая модель акустической колебательной системы, представленная на рис. 1. В ней ультразвуковой преобразователь вместе с концентратором заменен жестким стержнем 1, имеющим ту же массу и длину. В узловом сечении на стержне предусмотрен фланец 2, посредством которого он закрепляется на подвижной части 3 шариковых направляющих 4. При этом конструкция крепления позволяет устанавливать его под углом к вертикальной оси. К выходному торцу стержня жестко прикреплен невесомый упругий элемент 5, имеющий неподвижную ось 6, на которую по скользящей (с нулевым зазором) посадке установлен ролик 7. За счет статической нагрузки  $P_{ст}$ , приложенной к подвижной части шариковых направляющих, ролик прижимается к поверхности подвижного жесткого основания 8.

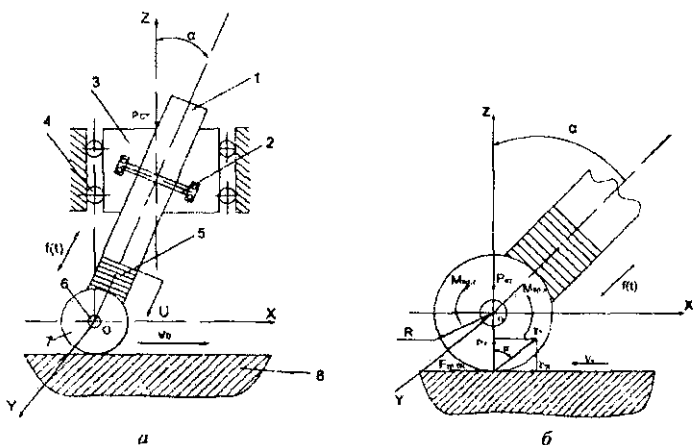


Рис. 1. Принятая математическая модель для описания процесса взаимодействия ролика с подвижной поверхностью при сообщении ему ультразвуковых колебаний: а – математическая модель технологической схемы шаржирования распиловочных дисков накатным роликом с ультразвуком; б – расчетная схема контактного взаимодействия ролика с подвижной поверхностью при сообщении ему ультразвуковых колебаний

Представленная модель и сделанные в ней допущения аналогичны использованным в работе [4] при теоретических исследованиях особенностей контактного взаимодействия вибрирующего с ультразвуковой частотой торца концентратора с жестким основанием. Используя полученные в [4, 5] выражения для определения временных и силовых параметров контактного взаимодействия ролика с подвижным основанием при введении колебаний перпендикулярно его поверхности (вдоль оси  $OZ$ ), в рамках данной работы были получены выражения для определения расчета времени контактного взаимодействия деформирующего инструмента с обрабатываемой поверхностью за период колебаний, максимального значения силы реакции со стороны основания, а также значения импульса силы за время их контакта в условиях трения качения. В результате выполненных теоретических исследований в данной работе получено выражение для определения средней угловой скорости вращения ролика вокруг оси  $OY$  при сообщении ему колебаний под углом  $\alpha$  к оси  $OZ$  (рис. 1, б).

$$\omega_y = \frac{16\mu P_{cm} z_{cm} e^{\alpha V_0} t_k C D (1 - \operatorname{tg} \alpha')}{A_0 \omega_{ak} m_p R T} \quad (1)$$

где  $\omega_y$  – средняя угловая скорость вращения ролика за время, равное периоду ультразвуковых колебаний;  $P_{cm}$  – статическая нагрузка со стороны ролика на основание;  $z_{cm} = P_{cm} / c$  – величина предварительного натяга (сжатие упругого элемента), обусловленная статическим нагружением системы;  $c$  – жесткость системы накатной ролик – основание;  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от контактных условий в зоне обработки и определяемый экспериментально;  $V_0$  – линейная скорость подвижного основания;  $R$  – радиус ролика;  $\mu$  – коэффициент трения между роликом и основанием;  $m_p$  – масса ролика;  $A_0$  – амплитуда возбуждаемых ультразвуковых колебаний;  $\omega_{ak}$  – круговая частота возбуждаемых ультразвуковых колебаний;  $t_k$  – время контакта ролика с основанием;  $T$  – период ультразвуковых колебаний;  $C, D$  – безразмерные коэффициенты, которые могут принимать значения от единицы и выше и характеризуют наступление виброударного взаимодействия ролика с основанием;  $\alpha'$  – угол отклонения акустической колебательной системы от перпендикуляра к основанию.

Из анализа полученного выражения установлено, что при сообщении ролику ультразвуковых колебаний вдоль вертикальной оси ( $\alpha' = 0$ ), обеспечивающих виброударный режим его взаимодействия с подвижным основанием, угловая скорость вращения ролика во всех случаях будет мень-

ше ее значения, соответствующего его качению в обычных условиях с сохранением неизменного направления вращения. При этом показано, что степень этого снижения возрастает с повышением интенсивности виброударного режима работы акустической колебательной системы за счет увеличения амплитуды колебаний, уменьшения статической нагрузки и скорости движения основания. Кроме того, показано, что при прочих равных условиях степень влияния ультразвуковых колебаний на изменение угловой скорости вращения ролика, в первую очередь, определяется направлением изменения угла их введения относительно вертикальной оси, в частности, возможна реализация условий, при которых имеет место попутное или встречное взаимодействие ролика с подвижным основанием.

На основе анализа действующих на ролик вращающих моментов за время его контакта с подвижным основанием представлен механизм влияния ультразвуковых колебаний на характер изменения угловой скорости вращения ролика при его попутном и встречном взаимодействии с поверхностью основания.

Теоретически обосновано, что посредством ультразвукового возбуждения накатного ролика (деформирующего инструмента) становится возможным за счет изменения направления введения колебаний, их интенсивности целенаправленно и в широком диапазоне влиять на условия его контактного взаимодействия с обрабатываемой поверхностью, включая управление как угловой скоростью вращения накатного ролика, так и его направлением.

#### Список литературы

1. Епифанов, В.И. Технология обработки алмазов в бриллианты / В.И. Епифанов, А.Я. Лесина, Л.В. Зыков; под ред. В.И. Епифанова. – М.: Высш. шк., 1987. – 335 с.
2. Северденко, В.П. Ультразвук и пластичность / В.П. Северденко, В.В. Клубович, А.В. Степаненко. – Минск: Наука и техника, 1976. – 448 с.
3. Марков, А.И. Ультразвуковая обработка материалов / А.И. Марков. – М.: Машиностроение, 1980. – 237 с.
4. Киселев, М.Г. Ультразвук в поверхностной обработке материалов / М.Г. Киселев, В.Т. Минченя, В.А. Ибрагимов; под ред. М.Г. Киселева. – Минск: Тесей, 2001. – 344 с.
5. Киселев, М.Г. Экспериментальное определение зависимости скоростного натяга в виброударной акустической колебательной системе от частоты вращения ультразвуковых преобразователей / М.Г. Киселев, А.А. Новиков // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – Гомель, 2006. – № 3. – с. 3. – 10.

## УСТАНОВКА ДЛЯ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ПРАВКИ АЛМАЗНЫХ ОТРЕЗНЫХ ДИСКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИБРОУДАРНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

М.Г. Киселев, А.В. Дроздов

*Белорусский национальный технический университет, Минск*

**Введение.** В промышленности широкое применение находят алмазные инструменты, и в частности, отрезные круги различных типоразмеров. При их использовании возникает необходимость предварительной подготовки (правки) режущей поверхности, что позволяет достичь их высоких эксплуатационных показателей. В связи с высокой твердостью алмазных абразивных частиц известные методы правки обычных абразивных инструментов оказываются, как правило, неприемлемыми. Анализ достоинств и недостатков различных методов формирования необходимого режущего микрорельефа рабочей поверхности алмазных инструментов, проведенный в работе [1], позволяет выделить способ электроэрозионной обработки как более эффективный. Так, наличие зазора между взаимодействующими поверхностями позволяет осуществлять бесконтактное формообразование с минимальными усилиями и износом правящего инструмента; избирательность и дискретность процесса обеспечивают необходимую точность обработки и качество режущей поверхности; термический характер электрической эрозии не ставит данный метод в зависимость от физико-механических свойств абразивосодержащего материала [2]. Электроэрозионная обработка абразивосодержащих материалов может осуществляться [1] от источников тока двух разновидностей: импульсного и постоянного. При использовании импульсного источника питания энергия импульсов и частота их следования должны быть согласованы с зернистостью и концентрацией абразивных зерен и материалом связки, что требует перенастройки параметров генератора импульсов в зависимости от вида обрабатываемого инструмента, а это, в свою очередь, усложняет конструкцию импульсного источника тока. Значительно упростить конструкцию устройств для электроэрозионной правки можно, если использовать источники питания постоянного тока. Тогда при соприкосновении правящего электрода с обрабатываемым инструментом зерна последнего снимают с поверхности электрода-инструмента элементарные стружки, которые замыкают рабочие электроды. При прохождении тока через ограниченную