

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ  
УКРАЇНИ**

**Кіровоградський національний технічний університет**

**Тези**

**доповідей студентів, магістрантів, аспірантів та викладачів  
на V-й Всеукраїнській науково-практичній конференції  
"Підвищення надійності машин і обладнання"  
6-8 квітня 2011 року**

**Кіровоград 2011**

<i>О. В. Поступайло, В. І. Савуляк, С. А. Заболотний</i> <b>МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАННЯ АБО НАПЛАВЛЕННЯ ТИТАНОВИХ ПЛАСТИН ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СОПЛА ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД АТМОСФЕРНОГО ВПЛИВУ.</b>	43
<i>В. Л. Куликівський</i> <b>КОНТАКТНА ВЗАЄМОДІЯ ЗЕРНИНИ В ЗАЗОРІ МІЖ КОЖУХОМ І ВІТКОМ ГВИНТОВОГО ТРАНСПОРТЕРА.</b>	46
<i>К. В. Борак</i> <b>ВПЛИВ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОЇ ОБРОБКИ НА ТРИБОТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБРОБЛЕНОГО ШАРУ.</b>	48
<i>О. В. Гриневич, С. М. Герук</i> <b>УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ ПІДВИЩЕННЯМ ЯКОСТІ ПІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ.</b>	49
<i>Р. І. Радкевич, В. М. Савченко</i> <b>АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ СКЛАДНИХ ПРОСТОРОВИХ ПОВЕРХОНЬ.</b>	57
<i>Д. В. Лысокобылко, Т. Н. Замота</i> <b>КОМПЕНСАЦИЯ НЕТОЧНОСТИ КОЛЕЦ УПЛОТНЕНИЙ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ ЭЛЕКТРОХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКИМ СПОСОБОМ.</b>	53
<i>В. А. Пыхтя, В. В. Пуха</i> <b>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕННИКА ТЕПЛООВОГО АККУМУЛЯТОРА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ...</b>	56
<i>В. В. Завгородній., Е. Е. Косткевич, О. О. Абрамов</i> <b>МОДЕЛЬ ЗНОШУВАННЯ НАКОНЕЧНИКІВ СТРУМОПІДВІДНИХ МУНДШТУКІВ.</b>	58
<i>Т. В. Гедзюк, Ф. С. Анічкін, О. В. Диха</i> <b>ВПЛИВ ШВИДКІСНОГО ФАКТОРА НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ТРИБОСИСТЕМ ГРАНИЧНОГО ТЕРТЯ.</b>	62
<i>В. В. Петелъчук, А. Г. Кузьменко</i> <b>МОДЕЛЮВАННЯ ЗНОСУ ПІДШИПНИКА З ЧЕПЛЕННЯ АВТОМОБІЛЯ З ИЛ-130.</b>	65
<i>С. Ф. Посонсзкш, А. А. Вичавна</i> <b>ВИБІР ТА ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОПІЙ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ.</b>	68
<i>А. А. Бабенко, Б. И. Бутаков</i> <b>ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБКАТЫВАНИЯ ИГОЛЬЧАТЫМИ РОЛИКАМИ УПОРНЫХ РЕЗЬБ.</b>	69
<i>А. В. Везенок, Б. И. Бутаков</i> <b>ИЗМЕНЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ОБКАТЫВАНИИ ИХ РОЛИКАМИ.</b>	76
<i>В. С. Дерюженко, А. В. Зубехина, Б. И. Бутаков</i> <b>ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕСТКОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ: СТАНОК- ИНСТРУМЕНТ-ДЕТАЛЬ ПРИ ОБКАТЫВАНИИ РОЛИКАМИ.</b>	80
<i>Д. П. Морозов, Б. И. Бутаков</i> <b>ТЕХНОЛОГИЯ ОБКАТЫВАНИЯ РОЛИКАМИ ТРАПЕЦЕИДАЛЬНЫХ РЕЗЬБ И АРХИМЕДОВЫХ ЧЕРВЯКОВ МЕТОДОМ ОГИБАНИЯ.</b>	84
<i>Р. Ю. Пономарев, Б. И. Бутаков</i> <b>ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВИБРООБКАТЫВАНИЯ ШАРИКАМИ И РОЛИКАМИ ДЕТАЛЕЙ ВРАЩЕНИЯ.</b>	90
<i>А. В. Поставнюк, Б. И. Бутаков</i> <b>ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБКАТЫВАНИЯ РОЛИКАМИ ТОРМОЗНЫХ шкивов.</b>	93

# Исследование жесткости технологической системы: станок-инструмент-деталь при обкатывании роликами

**В.С. Дерюженко, ст. гр. М5,**  
**А.В. Зубехина, ассист.,**  
Б.И. Бутаков, проф., д-р техн. наук  
*Николаевский государственный аграрный университет*

Повышение качества и надежности машин и их элементов является одной из важных и первоочередных задач современного этапа развития отечественного машиностроения. Эта проблема может быть решена с помощью разработки и освоения эффективных методов упрочнения деталей машин и повышения их долговечности.

С целью повышения износостойкости пар трения, контактной и усталостной прочности деталей широко применяется поверхностное пластическое деформирование обкатыванием их роликами. Реализация оптимального основного режима обкатывания (рабочего усилия) связана с жесткостью технологической системы станок-инструмент-деталь. В смысле сохранения оптимального режима обкатывания представляет опасность не столько снижение жесткости, сколько ее непостоянство.

Постоянство необходимого усилия непосредственно связано с жесткостью технологической системы станок - инструмент - деталь. Жесткость  $J$  системы, состоящей из нескольких звеньев, определяется по А.П. Соколовскому:

$$\frac{1}{J} = \frac{1}{j_1} + \frac{1}{j_2} + \frac{1}{j_3} + \dots \quad (1)$$

Одна из основных составляющих жесткости системы - жесткость станка. На жесткость металлорежущих станков оказывает большое влияние соотношение составляющих усилия резания. Соотношение  $P_z : P_y : P_x$ , на которое рассчитаны универсальные металлорежущие станки, отличается наибольшим значением  $P_z$ . При довольно широких колебаниях указанное соотношение, в среднем характерное для процесса резания, составляет 1: 0,4: 0,25.

В отличие от этого процесс обкатывания характеризуется превалирующим значением  $P$  при незначительной величине остальных составляющих. У большинства конструкций станков максимальная жесткость достигается при отношении  $P_y : P_z = 0,4$  и резко падает при его увеличении.

В процессе обкатывания эксцентричное закрепление детали, радиальное биение роликов и другие погрешности приводят к тому, что система работает в колебательном режиме разгрузка - нагрузка вблизи максимума приложенной нагрузки. Задача стабилизации усилия обкатывания в пределах допустимых отклонений решается введением в конструкцию обкатных устройств упругих элементов пониженной жесткости.

Объединяя в выражении (1) жесткость станка, детали, крепежных приспособлений общим символом  $J_c$  и выделив жесткость инструмента для обкатывания  $J_u$ , найдем жесткость системы [4]:

$$j = j_j / (j_c + j_u). \quad (2)$$

Рассмотрим жесткость системы инструмент - деталь на примере раскатывания втулок. Представим втулку в процессе раскатывания в виде тонкой цилиндрической оболочки, шарнирно опертой на концах и нагруженной в среднем сечении радиальными составляющими усилия, равномерно разнесенными по окружности и приложенными в точках контакта роликов. Такой случай рассмотрен в работе П.П. Бейларда [5].

Дифференциальные уравнения оболочки решаются методом разложения перемещений и нагрузок в двойные ряды Фурье.

В результате получено выражение для радиального перемещения  $\omega$ , пригодное для численных расчетов:

$$\omega = 12kl^3(1-\mu^2)P / (\pi h^3 E \rho) [ (-1)^{(n-1)/2} ((\sin n\pi / l) * x) / n^4 \pi^4 + 12(1 + \mu^2) \alpha^4 \gamma^2 + (-1)^{(n-1)/2} ((2(m^2 \alpha^2 + n^2 \pi^2) / T) * \cos(Rm) \varphi \sin(\sin n\pi / l) * x)],$$

где  $P$  - радиальное усилие на каждом ролике;  $k$  - количество сил (роликов);

$E, \mu$  - модуль упругости и коэффициент Пуассона материала раскатываемой втулки;  $\rho = |Dd| / 2$ ;  $l; h$  - радиус, длина и толщина стенки втулки;  $\alpha = 2l / |Dd|$ ;  $\gamma = |Dd| / 2h$

$x, \varphi$  - цилиндрические координаты;

$$T = (m^2 a^2 + n^2 l^2)^4 + 12(1-\mu^2) n^4 \pi^4 a^4 y^2 - m^2 a^4 [2m^4 a^4 + (6 + \mu - \mu^2) n^4 \pi^{-4} + (7 + \mu) / m^2 a^2 n^2 \pi^{-2}]$$

Жесткость металлорежущих станков исследовалась в лаборатории и на предприятии с помощью динамометров и индикаторов. Жесткость инструментов рассчитывалась по зависимостям теории упругости, расчеты проверялись экспериментально с помощью динамометров и индикаторов.

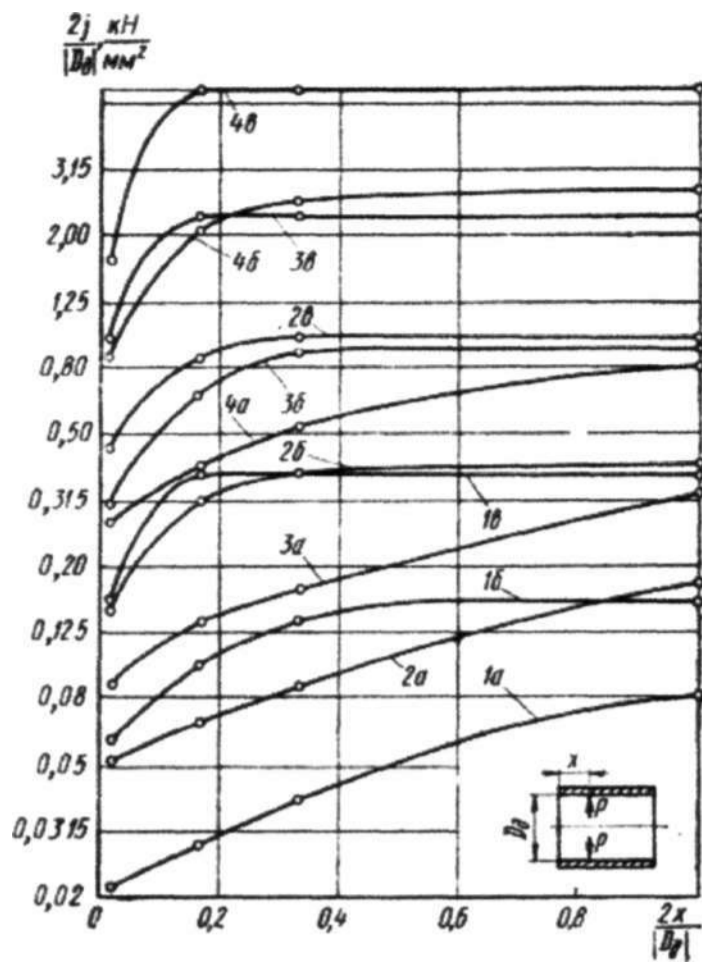


Рисунок 1 - Жесткость втулок вблизи торцов, нагруженных двумя (а), четырьмя (б) и восемью усилиями при  $y = 30$  (1), 20 (2), 15 (3), 10 (4)

По деформациям и приложенным усилиям рассчитывалась жесткость втулок. Графики изменения жесткости по длине втулок с различной толщиной стенки приведены на рис. 1. Графики показывают, что жесткость вблизи торца при двухроликовой схеме раскатывания примерно в 4 раза ниже жесткости на глубине, равной диаметру, причем на всей этой длине жесткость повышается по мере удаления от торца. Увеличение количества точек нагружения до 4 и тем более до 8 несколько сокращает перепад жесткости до трехкратного и существенно приближает к торцу сечение, в котором жесткость стабилизируется. Представляет интерес полное совпадение опытных значений жесткости, полученных на глубине, равной диаметру втулки, с расчетными значениями, для соответствующих  $y$  и количества усилий. Необходимое для стабилизации рабочего усилия обкатывания снижение жесткости технологической системы достигается применением инструментов с пружинящими элементами [6, 7]. На рис. 2 показано однороликовое устройство с пружинящим корпусом для обкатывания вала. Важное достоинство инструментов этого типа заключается в их простоте. Требуемое снижение жесткости достигается за счет только изменения конфигурации корпуса без введения дополнительных деталей. Пружинящий корпус представляет собой консольный, круговой брус прямоугольного поперечного сечения. Его прогиб на уровне оси ролика может быть рассчитан в зависимости от усилия обкатывания  $P$  и геометрических размеров  $b$ ,  $A$ ,  $l$ ,  $I$  (рис. 2):

$$A = \frac{\pi}{16} \left( \frac{d}{h} + 1 \right)^3 + \frac{l}{h} \left( \frac{d}{h} + 1 \right)^2 + \frac{\pi}{2} \left( \frac{l}{h} \right)^2 \cdot \left( \frac{d}{h} + 1 \right) \quad (3)$$

где  $E$  — модуль упругости материала.

Прогиб от усилия, приходящегося на единицу ширины пружинящей части корпуса, определяется его относительными размерами. Зависимость усилия обкатывания от прогиба пружинящих корпусов приспособлений с толщиной пружинящей части 10 мм показана на рис. 3.

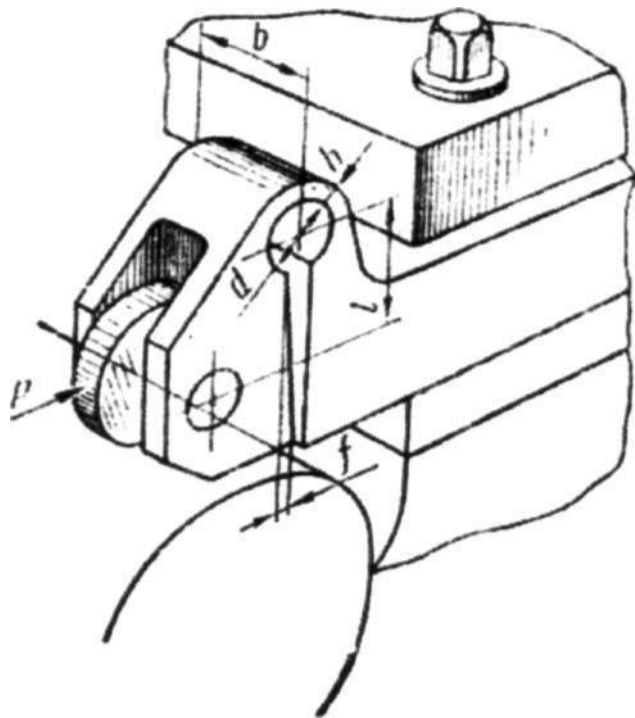


Рисунок 2 - Универсальное однороликовое устройство с пружинящим корпусом

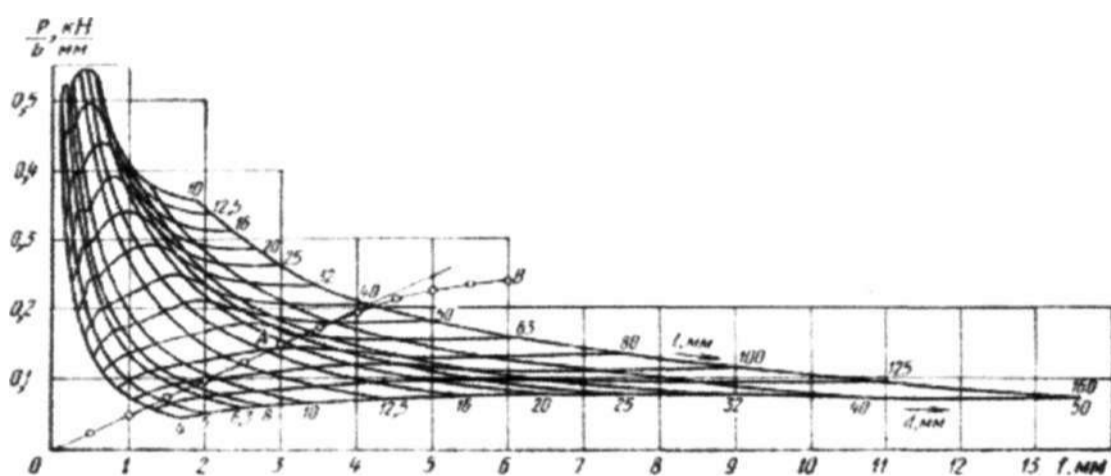


Рисунок 3 - Зависимость усилия обкатывания от прогиба пружинящих корпусов приспособлений с толщиной пружинящей части 10 мм

Высокая радиальная жесткость системы инструмент - деталь и, как следствие этого, непосредственная зависимость качества поверхности от небольших изменений натяга - серьезный и трудно преодолимый недостаток планетарных многороликовых устройств. Создание практичной конструкции головок пониженной радиальной жесткости с роликами прямолинейного профиля остается актуальной проблемой, от решения которой зависит расширение номенклатуры раскатываемых деталей.

### Список литературы

1. Бабей Ю.И. Поверхностное упрочнение металлов / Ю.И. Бабей, Б.И. Бутаков, В.Г. Сысоев - Киев: Наук, думка, 1995. - 256 с.
2. Фукс А.И. Определение оптимального состава гаммы горизонтально-расточных станков / А.И. Фукс, М. Е. Эльясберг. - М.: НИИМАШ, 1969. - 65 с.
3. Рыжов Э. В. Контактная жесткость деталей машин / Э. В. Рыжов. - М.: Машиностроение, 1968. -180 с.
4. Браславский В.М. Технология обкатки крупных деталей роликами / В.М. Браславский - М.: Машиностроение, 1975. -160 с.
5. Бейлард П. П. Напряжения от локальных нагрузок в цилиндрических сосудах давления / П. П. Бейлард // Вопросы прочности цилиндрических оболочек. - М., Обороніте, 1960, - С. 43—65.
6. Бутаков Б.И. Жесткость системы станок - інструмент - деталь при обкатывании деталей роликами / Б.И. Бутаков., А.В.Зубехина // Вісник аграрної науки Причорномор'я (випуск 4(47)).- Миколаїв: МДАУ, 2008. - С. 193-205.
7. Бутаков Б.И. Жесткость технологической системы при обкатывании деталей роликами / Б.И.Бутаков, А.В.Зубехина // Тези доповідей 21-ої науково-теоретичної студентської конференції (18-20 березня 2009). - Миколаїв: МДАУ, 2009.- С 62-68.