

Председатель:

Голенков В. А. д.т.н., проф.

Зам. председателя:

Степанов Ю. С. д.т.н., проф.

Светкин В. В. к.т.н. доц.

Колчунов В. И. д.т.н., проф.

Гордон В. А. д.т.н., проф.

Константинов И. С. д.т.н., проф.

Садков В. Г. д.э.н., проф.

Фролова Н. А. к.соц.н., доц.

Радченко С.Ю. д.т.н., проф.

Снежко О.А. к.ю.н., доц.

Борзенков М. И. к.т.н., доц.

Одолева М. В.

Поландова Л. И.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ

Главный редактор:

Степанов Ю. С. д.т.н., проф.,

засл. деят. науки РФ

Зам. главного редактора:

Киричек А. В. д.т.н., проф.

Зам. главного редактора:

Подмастерьев К. В. д.т.н., проф.

Зам. главного редактора:

Радченко С.Ю. д.т.н., проф.

Зам. главного редактора:

Гордон В.А. д.т.н., проф.

Колесников К.С. д.т.н. проф., академ. РАН

Дмитриев А.М. д.т.н., проф., чл.-корр. РАН

Панин В.Е. д.ф.-м.н. проф., академ. РАН

Бабичев А.П. д.т.н., проф.

Зубчанинов В.Г. д.ф.-м.н., проф.

Осадчий В.Я. д.т.н., проф.

Малинин В.Г. д.т.н., проф.

Смоленцев В.П. д.т.н., проф.

Вдовин С.И. д.т.н., проф.

Емельянов С.Г. д.т.н., проф.

Зубарев Ю.М. д.т.н., проф.

Козлов А.М. д.т.н., проф.

Бирсуков Г.В. д.т.н., проф.

АДРЕС РЕДАКЦИИ

302020 Россия, Орел.

Наугорское шоссе, д. 29

тел: (4862) 43-48-90, 41-98-28

факс: (4862) 41-66-84

e-mail: rio@ostu.ru

Зарегистрировано в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовой информации

Свидетельство: ПИ №77-15496

от 20 мая 2003 г.

Подписной индекс 29504 по каталогу

«ПРЕССА РОССИИ»

Фундаментальные и прикладные проблемы

техники и технологии



СОДЕРЖАНИЕ

• **ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ ЛЕЗВИЙНОЙ И АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ:**

Абросимов С.К. Феноменологическая модель обрабатываемости резанием с опережающим пластическим деформированием при протягивании 4

Бородин М.В., Брусов С.И., Тарапанов А.С. Определение силовых характеристик обработки винтовых поверхностей роторов героторных насосов точением 14

Жуплов М.В., Брусов С.И., Тарапанов А.С. Описание исходной винтовой поверхности при профилировании винторезных инструментов 18

Копылов Ю.Р., Емельянов С.В. Повышение качества и производительности виброабразивной обработки за счет управления съемом металла на различных участках детали 24

Тамаркин М.А., Тищенко Э.Э., Друпов В.В. Формирование параметров качества поверхности при центробежно-ротационной обработке в среде абразива 31

• **ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ УПЛОТНЯЮЩЕЙ И ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН:**

Киричек А.В., Тарасов Д.Е., Жирков А.А. Перспективные возможности финишной отделки зубчатых колес на основе статико-импульсной обработки поверхностным пластическим деформированием (СИО ППД) 45

Копылов Ю.Р. Гальвано-механическое восстановление шеек крупногабаритных коленчатых валов 50

Киричек А.В., Тарасов Д.Е., Жирков А.А. Перспективные возможности финишной отделки зубчатых колес на основе статико-импульсной обработки поверхностным пластическим деформированием 55

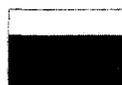
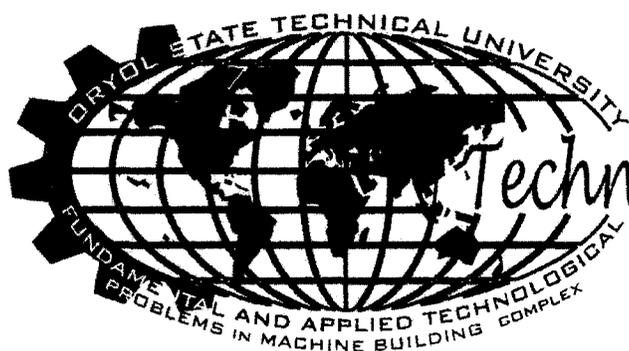
Хромов В.Н., Храпоничев Д.Н., Зайцев С.А. Технология восстановления сферической поверхности шарового пальца газопламенным напылением 60

Федоров В.П., Нагоркин М.Н., Ковалева Е.В., Чмыхов Д.В. Адаптация поверхностей трибоэлементов к нестационарным условиям эксплуатации обработкой ППД программным способом 66

Киричек А.В., Звягина Е.А. Условия рационального использования покрытий эпиламов и их влияние на процесс резания при сверлении 78

Шибанов Д.А., Пугачева Т.М. Изучение неоднородности микроструктуры и распределения микротвердости в цапфе лапы бурового долота 87

• ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ:	89
Бородин М.В., Брусов С.И., Тарапанов А.С. Определение силовых характеристик обработки винтовых поверхностей роторов героторных насосов точением	90
Захаров М.Г. Интерпретация результатов при диагностировании трибосистем электропараметрическими методами	94
Киричек А.В., Соловьев Д.Л., Силаев С.А., Баринов С.В. Установка для испытаний на контактную выносливость плоских поверхностей деталей машин	98
Марков В.В., Борзенкова О.Н. Обзор способов повышения качества результатов многократных измерений при исключении промахов	104
Пахолкин Е.В., Кузьмичев Д.А., Анашкин Р.В. Комплекс средств для исследования диэлектрической проницаемости моторных масел	107
ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ:	111
Ванин В.С., Галаган Т.В., Дьяченко А.С. Исследование метода использующего переходные функции при оценке транспортной вибрации на рабочих местах мобильных транспортно-дорожных машин	112
Гордон В.А., Семенова Г.А. К вопросу о перекосе и смещении оси канала ствола, возникающих при изготовлении орудийных стволов	119
Земляков Н.В. Новыс технологии стопорения болтов и контргаек	124
Моисеенко А.А. Исследование конструкционной прочности соединений с гарантированным натягом, контактирующих по прерывистой цилиндрической поверхности	127
Семенов В.В., Викторов А.И., Сидоров А.М. Исследование эксплуатационных параметров новых подшипников после приработки и изучение их микрорельефа с помощью микроскопа	133
Шешунова Е.И. Кремнистые бронзы – сплавы с высокими демпфирующими свойствами	138
Ванин В.С., Галаган В.В., Дьяченко А.С., Данилов В.А. Совершенствование конструктивно-технологической схемы вихревых мельниц	140
• ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ:	144
Киричек С.В. Индикатор баланса доходности и ликвидности коммерческого банка и его многокритериальная оптимизация	145
Углова Н.В., Лисовская З.П. К вопросу обеспечения качества медицинских услуг	153
Степанова Е.Ю., Поландова Л.И. Высокие технологии в инновационной экономике	156



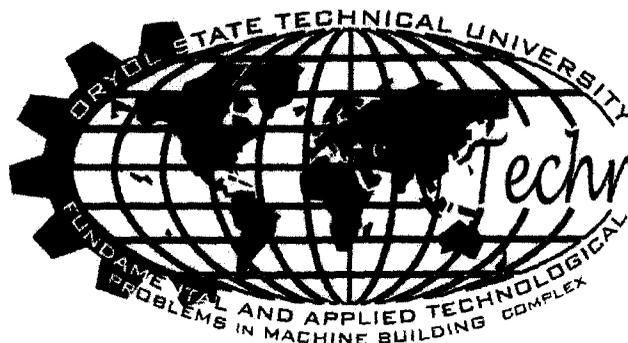
Russia,
Orel

Technology 2007



Helsinki,
Finland

**ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ И
ИНСТРУМЕНТ
ЛЕЗВИЙНОЙ И АБРАЗИВНОЙ
ОБРАБОТКИ**



Russia,
Orel

Technology 2007



Helsinki,
Finland

УДК 621.79

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ РЕЗАНИЕМ С ОПЕРЕЖАЮЩИМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ ПРИ ПРОТЯГИВАНИИ

Амбросимов С. К., к. т. н., доц.

Липецкий государственный технический университет,

Липецк, ул. Московская, 30, тел.: 32-81-86, E-mail: avadro@mail.ru

Аннотация

В статье представлена модель обрабатываемости резанием с опережающим пластическим деформированием, основанная на теории разрушения. Модель объясняет и подтверждает снижение силы резания при протягивании предварительно механически упрочнённых материалов, а также определяет дальнейшие пути снижения энергозатрат при комплексном воздействии на материал.

PHENOMENOLOGICAL CUTTING TREATMENT MODEL WITH ADVANCED PLASTIC DEFORMATION IN BROACHING PROCESS.

Ambrosimov S.C.

Annotation

The article presents cutting treatment model with advanced plastic deformation based on destruction theory.

The model explains and proves the cutting force reduction during broaching process of mechanically pre-strengthening materials, as well as the model determines some further ways energy waste reduction with complex action on materials.

Методы деформирующего протягивания довольно широко распространены для обработки гладких цилиндрических отверстий [1]. Однако применение больших суммарных натягов дает неодинаковую точность отверстия по длине детали, значительно искажает форму профиля в продольном сечении, а также вызывает перенаклеп поверхностного слоя, что приводит к снижению эксплуатационных свойств обработанных поверхностей.

Устранить эти недостатки, а также объединить достоинства режущего и деформирующего протягивания позволил новый метод деформирующе-режущего протягивания (ДРП). ДРП осуществляется инструментом, у которого деформирующий элемент или элементы расположены перед секциями режущих зубьев [2] (рис.1), т.е. перед каждым циклом резания осуществляется поверхностное пластическое деформирование. Глубина механически упрочненного слоя по толщине стенки втулки зависит от натяга на деформирующий элемент i , радиальной жесткости втулки D/d ; пластических свойств обрабатываемого материала, угла заборного конуса деформирующего элемента α , и достигает 1,5 мм.

Таким образом, разработанные методы ДРП относятся к методам протягивания с опережающим пластическим деформированием (ОПД). ДРП позволяет уменьшить длину протяжки в 2...2,5 раза за счет более эффективного увеличения диаметра отверстия деформирующими зубьями (при натягах 0,4...0,7 мм.), чем режущими и использовать для обработки отверстий более короткие прошивки, соответственно увеличивается производительность процесса. Деформирующие зубья исправляют форму отверстия, что приводит к равномерному распределению припуска по периметру главной режущей кромки. Кроме того применение ДРП для обработки вязких материалов позволяет значительно снизить шероховатость обработанных поверхностей. Для надлежащего проектирования протяжек и обеспечения нормальных условий их эксплуатации необходимо определить величины сил, возникающих в процессе воздействия на обрабатываемую поверхность деформирующими и режущими элементами. Рядом исследователей было установлено, что при срезании с ОПД определенной части упрочненного слоя толщиной a_p , составляющей от 0,02 до 0,09 мм, несмотря на повышение твёрдости, силы резания снижаются на 30...40%. Экспериментально установлено, что снижение силы резания напрямую связано с повышением размерной стойкости режущих зубьев комбинированных протяжек, которая увеличивается более чем в 2 раза по сравнению с режущими протяжками.

Эффект снижения силы резания пытались объяснить с позиции теории дислокации и оценить с использованием энергии, затрачиваемой на пластическую деформацию [3], при этом расчетная величина снижения силы резания превысила экспериментальные данные в 3...4 раза. Вышеупомянутые теоретические модели ни только не позволяют рассчитать величину снижения силы резания, но и более детально прояснить феномен снижения силы резания при ОПД деформирующе-режущими протяжками, а, следовательно, определить дальнейшие пути снижения энергоёмкости процесса.

Ключ к пониманию этого явления и возможности создания более эффективных методов обработки дает феноменологическая теория разрушения [4].

Удельная работа, затрачиваемая на пластическую деформацию стружки, определяется как интеграл от функции кривой упрочнения $\sigma = f(\bar{\varepsilon})$ в пределах от 0 до ε , где ε -интенсивность деформации, которая является мерой накопленной деформации до процесса разрушения, т.е. служит границей окончания процесса деформации стружки:

$$\rho_1 = \int_0^{\varepsilon} \sigma(\bar{\varepsilon}) d\varepsilon, \quad (1)$$

При этом удельная работа деформации стружки, т.е. отнесенная к объему срезаемого материала, численно равна и эквивалентна удельной осевой составляющей силы резания, отнесенной к единичной площади поперечного сечения срезанного слоя:

$$\rho_1 = \frac{A}{V} = \frac{P_z \cdot l}{a_1 \cdot b \cdot l} = \frac{P_z}{a \cdot b}, \quad (2)$$

где $a \cdot b$ - площадь сечения срезаемого слоя;

P_z - осевая составляющая силы резания;

l - длина срезаемого слоя.

При изменении величины накопленной деформации по толщине срезаемого слоя a_1 , по закону $\varepsilon = f(a)$ формула (1) принимает вид (рис.2):

$$\rho_1 = \frac{1}{a_1} \int_0^{a_1} \int_0^{\varepsilon(a)} \sigma(\bar{\varepsilon}) d\varepsilon da, \quad (3)$$

При деформирующе-режущем способе воздействия деформирующий элемент упрочняет поверхность и тем самым в какой-то мере исчерпывает запас пластичности материала, т.е. в процессе обработки он совершает работу пластической и упругой деформации, увеличивая внутреннюю энергию кристаллической решетки на величину работы накопленной деформации $\Delta\rho$. Величина накопленной в срезаемом слое деформации при резании с ОПД, зависит от параметров деформирования:

$$\varepsilon_1(a) = f(a, i, \alpha, D/d), \quad (4)$$

Однако, т.к. процесс резания рассматривается как накопление деформации до момента макроразрушения, при создании модели процесса необходимо учитывать не всю работу, накопленной пластической деформации от деформирующего элемента, а только лишь работу накопленного пластического разрыхления и соответствующую ей деформацию сдвига (рис.3):

$$\lambda_2 = \sqrt{3} \cdot \varepsilon_2(a) = f(a) , \quad (5)$$

где λ_2 - степень деформации сдвига, которую необходимо было бы сообщить металлу в исходном состоянии при напряженном состоянии, характерном для процесса резания, чтобы поврежденность металла достигла уровня ω_1 , достигнутого при степени деформации λ_1 , при напряженном состоянии, характерном для процесса предварительного деформирования.

Степень деформации определяется по формуле:

$$\varepsilon_2(a) = \frac{1}{\sqrt{3}} \lambda_{p_2} \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_{p_1}} \right)^{K_1/K_2} , \quad (6)$$

где K_1, K_2 - коэффициенты, которые зависят от физико-механической природы материала и показателя напряженного состояния, определяются по таблице [4] после соответствующих преобразований с учетом изменения степени деформации по глубине поверхностного слоя:

$$\varepsilon_2(a) = \varepsilon(a) = \left[\frac{\int_0^{a_1} \varepsilon_1(a) da}{\int_0^{a_1} \varepsilon_{p_1}(a) da} \right]^{K_1/K_2} , \quad (7)$$

где $\varepsilon_{p_1}, \varepsilon(a)$ соответственно степень деформации в момент макроразрушения для напряженного состояния, характерного для процесса деформирования и резания.

В общем виде удельная работа, затраченная на процесс деформации стружки (без учета работы трения) при опережающем пластическом деформировании с учетом термомеханических параметров процесса после соответствующих преобразований определяется по формуле:

$$P_z = \frac{1}{a_1} \int_0^{a_1} \int_0^{\varepsilon(a)} \sigma(\bar{\varepsilon}) \cdot K_T \cdot K_\varepsilon \cdot d\varepsilon da - \frac{1}{a_1} \int_0^{a_1} \int_0^{\varepsilon_2(a)} \sigma(\bar{\varepsilon}) K_T \cdot K_\varepsilon \cdot d\varepsilon da , \quad (8)$$

где K_T - коэффициент, учитывающий температуру в очаге деформации, K_ε - коэффициент, учитывающий скорость деформации.

Однако при процессах холодной деформации $t^0 < 300...320^\circ C$, к которым относятся процессы деформирующего протягивания ($t^0 < 280...300^\circ C$), а также режущего протягивания ($t^0 \approx 270^\circ C$ [5]) влияние термомеханических коэффициентов незначительно и взаимноисключается [6].

Таким образом, процесс накопления повреждаемости при ОПД вначале идет по кривой 1 (рис.3) до точки А при показателе напряженного состояния

σ/T (кривая 3), характерного для предварительного деформирования, при этом накопленная повреждаемость ω , переносится на кривую 2 (точка Б), по которой процесс накопления идет до процесса разрушения, т.е. отделения стружки.

При построении указанной модели были приняты следующие допущения:

1. На основании принятой гипотезы о том, что при процессе резания с ОПД и при резании неупрочненного материала удельные работы трения по передней и задней поверхностям резца равны:

а) ввиду того, что материальная точка пройдет зону деформации, у главной режущей кромки полностью исчерпав запас пластичности, а уже затем войдет в контакт с передней поверхностью резца,

б) разрушение материала при процессах с одинаковым напряженным состоянием, но с различной степенью накопленной деформации происходит при равном по величине эффективном напряжении, т.е. при подходе к передней поверхности и в том и в другом случае материальная точка обладает одинаковыми механическими свойствами. Поэтому ввиду сложности выделения работы трения для расчетов можно использовать формулу 9 для определения абсолютной величины снижения силы резания:

$$\Delta\rho = \frac{1}{a_1} \int_0^{a_1} \int_0^{\varepsilon_2(a)} \sigma(\bar{\varepsilon}) K_T \cdot K_\varepsilon \cdot d\varepsilon da \quad (9)$$

На адекватность модель проверялась на образцах из стали 45, которые проходили испытания на осадку при различной степени деформации, при этом были построены кривые упрочнения и соответствующие им кривые микротвердости. Образцы, выполненные в форме осесимметричных втулок, были подвергнуты деформирующему протягиванию и методом измерения микротвердости, по поверхностному слою были определены распределения сдвиговой деформации по глубине слоя. Диаграммы пластичности, используемые для расчетов, получены оборудованием УПИ [4, 7]. Для определения показателя напряженного состояния использовался метод делительных сеток.

Экспериментально установлена величина снижения силы резания при натягах на деформирующий элемент $i=0,3...0,7$ мм, радиальной жесткости заготовки $D/d=1,6$, толщине срезаемого слоя $a_p=0,02...0,05$ мм для стали 20 и стали 45 составила от 15% до 40% (рис. 4), что согласуется с данными, полученными на основании представленной модели.

Анализ полученных формул (8) и (9) позволяет сделать следующие выводы:

Снижение удельной работы резания зависит от степени деформации сдвига λ_2 , с увеличением которой абсолютная величина снижения работы

резания возрастает, (это подтверждают исследования ДРП с деформирующими элементами, обеспечивающими более высокую степень деформации сдвига за счет увеличения углов заборного конуса α от 4° до 27° (рис. 5), причём удельная сила резания снижается к опорному торцу (рис.6), т. к. степень деформации сдвига в этом направлении увеличивается из-за защемления торца силами трения).

С уменьшением $\varepsilon_p(\alpha)$ - степени деформации сдвига, соответствующей моменту макроразрушения при деформирующем способе воздействия, т.е. с повышением показателя напряженного состояния в зоне деформирования также обеспечивается снижение удельной работы резания (удельной осевой составляющей силы резания).

Из формулы (8) следует, что снижение степени деформации соответствующей моменту макроразрушения при резании $\varepsilon(\alpha)$, которая зависит от показателя напряженного состояния зоны резания, также снижает работу резания.

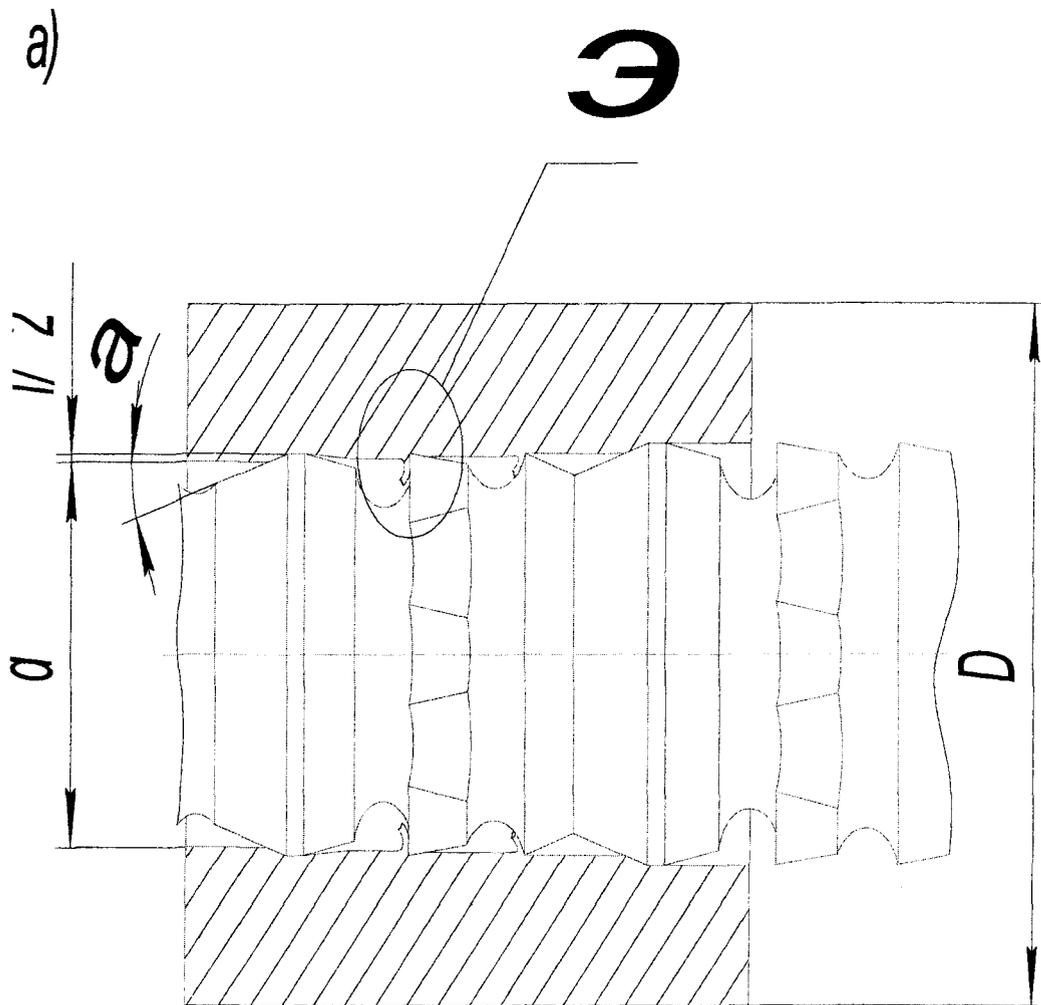
Выводы:

1. Разработана модель ДРП, позволяющая оценить величину снижения силы резания при опережающем пластическом деформировании.

2. Определены пути и способы дальнейшего повышения эффективности при сочетании двух способов воздействия резания и деформирования за счет увеличения сдвиговых деформаций, применения более жесткой схемы напряженного состояния при ОПД, уменьшения показателя напряженного состояния в зоне резания ее дополнительным упруго-пластическим нагружением.

Список литературы

1. Розенберг А.М., Розенберг О.А. Обработка отверстий твердосплавными выглаживающими протяжками. Киев.: Техника, 1966-206 с.
2. Кузнецов А.М., Марин А.З. Обработка комбинированным протягиванием круглых отверстий в деталях из вязких материалов. - «Автомобильная промышленность», 1970. №4. с.33...35.
3. Русские ученые, основоположники науки о резании металлов. Под ред. Панченко К.П.- М.: Машгиз, 1952, 480с.
4. Ресурс пластичности металлов при обработке давлением. Богатов А.А., Мижирицкий О.Н., Смирнов С.В.-М.:Металлургия, 1984.-144 с.
5. Маргулис Д.К. Протяжки переменного резания.-М.-Свердловск.:Машгиз, 1962.-269 с.
6. Третьяков А.В., Зюзин В.И. Механические свойства металлов и сплавов при обработке металлов давлением. - М.: Metallurgy, 1973.-224 с.
7. Смелянский В. М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием.-М.: Машиностроение, 2002.-300 с.



S₂ (a)

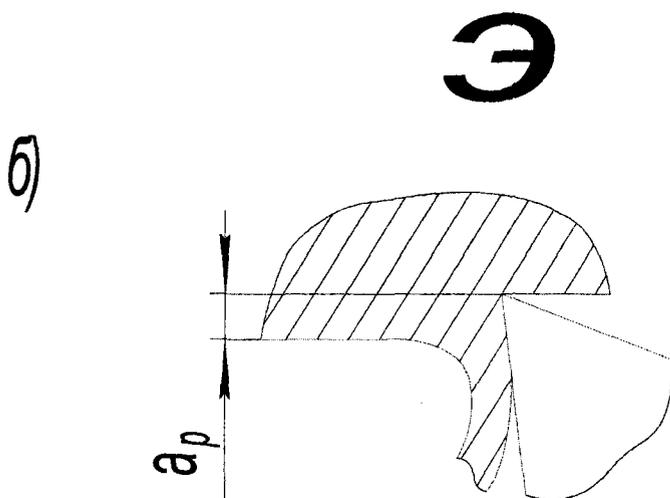


Рис.1. Схема деформирующее режущего протягивания с опережающим пластическим деформированием.

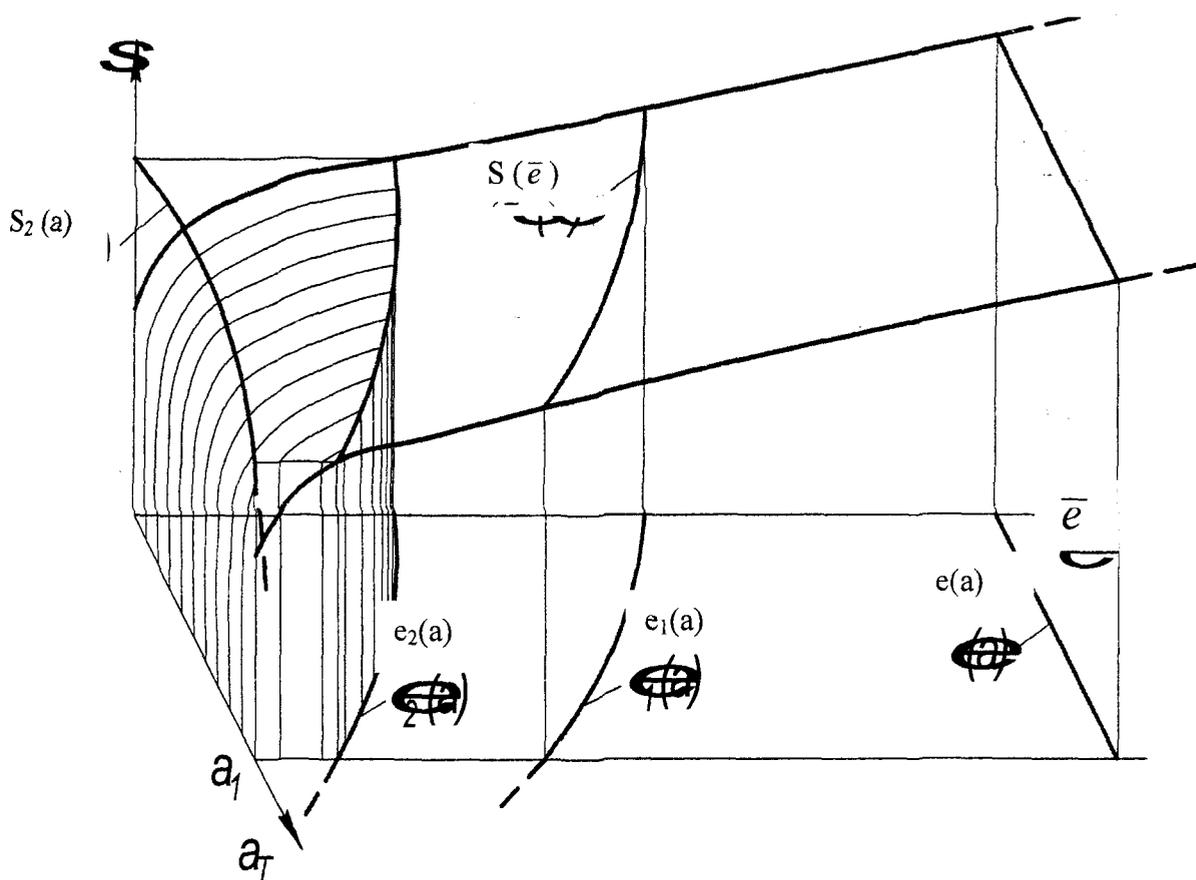


Рис. 2. Схема для определения удельных работ деформации при ОПД зоны обработки резанием

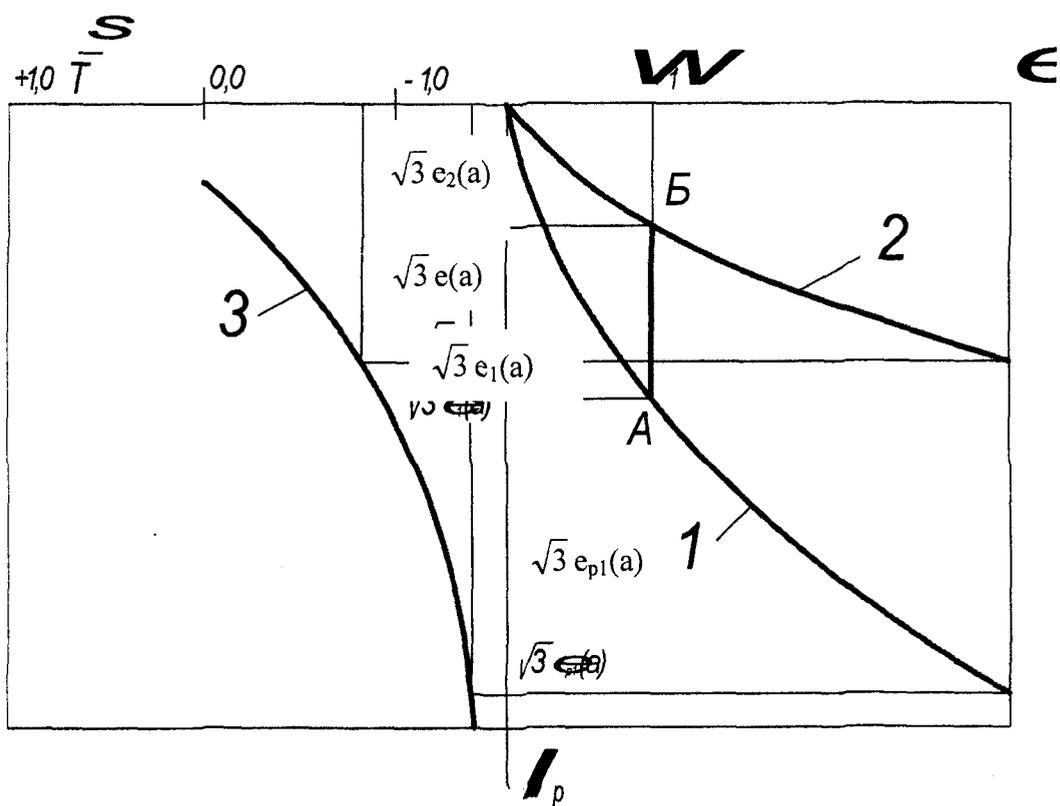


Рис. 3. Схема накопления поврежденности в два этапа при ОПД зоны обработки резанием

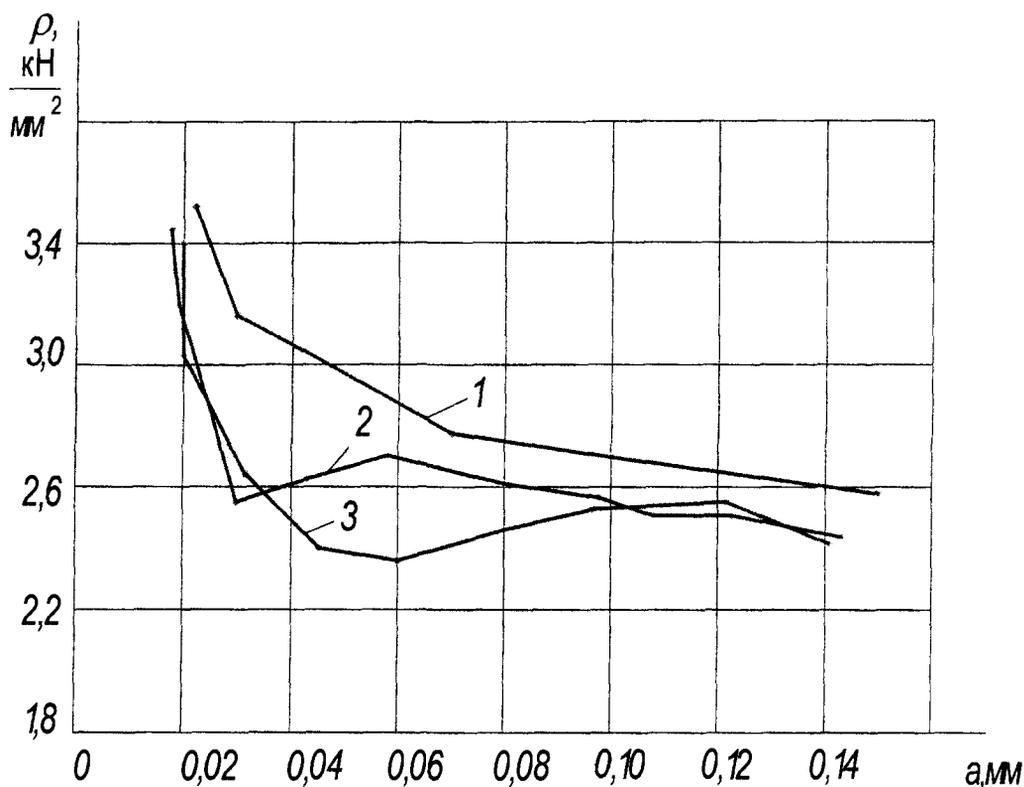


Рис. 4. Влияние глубины срезаемого слоя на удельную осевую составляющую силы резания (сталь 45; $D/d=2,0$; $\gamma=14^\circ$; $\alpha_p = 2^\circ$) при резании по:

- 1-механически неупрочненному слою;
- 2-предварительно деформированному слою ($i=0,68$ мм, $\alpha = 4^\circ$);
- 3- предварительно деформированному слою ($i=0,68$ мм, $\alpha = 17^\circ$).

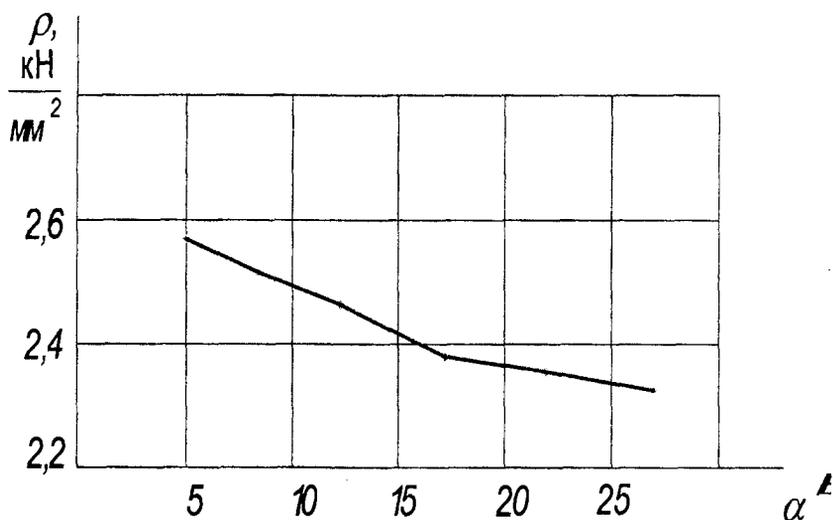


Рис.5. Влияние угла заборного конуса деформирующего элемента при опережающем деформировании на удельную осевую составляющую силы резания (сталь 45; $D/d=2,0$; $\gamma=14^\circ$; $\alpha = 2^\circ$; $a_{p,CP} = 0,425$ мм)

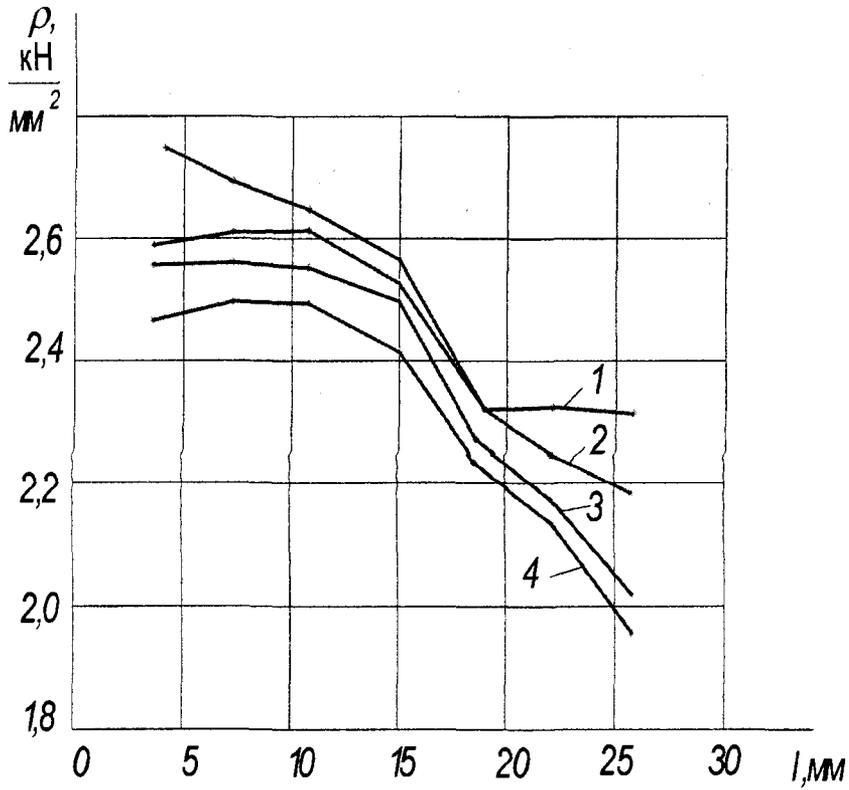
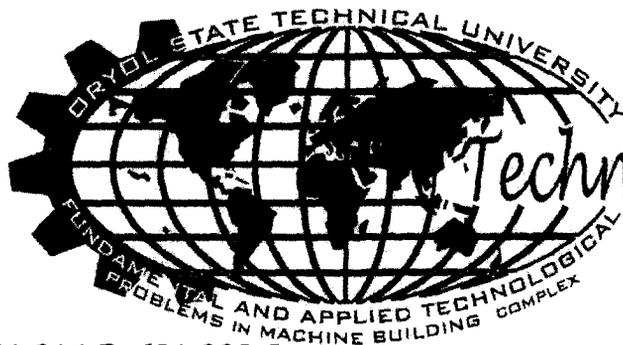


Рис.6. Изменение удельной составляющей силы резания по длине образующей отверстия при различных значениях углов заборного конуса деформирующего элемента (сталь 45; $D/d=2,0$; $\gamma=14^\circ$; $\alpha_p = 2^\circ$) 1 – $\alpha = 8^\circ$; 2 – $\alpha = 12^\circ$; 3 – $\alpha = 17^\circ$; 4 – $\alpha = 27^\circ$



Russia,
Orel



Helsinki,
Finland

Technology 2007

УДК 621.914.7+621.992.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРАБОТКИ ВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РОТОРОВ ГЕРОТОРНЫХ НАСОСОВ ТОЧЕНИЕМ

М.В. Бородин, С.И. Брусов, к.т.н., А.С. Тарапанов, д.т.н., профессор
Орловский Государственный Технический Университет
Орел, тел. (4862) 541503, e-mail: ti@ostu.ru

Аннотация

Математическое отображение схемы резания при обработке винтовой поверхности роторов героторных насосов точением. Анализ результатов расчетов позволяет сделать вывод о неравномерности силового воздействия инструмента с различными режущими кромками на технологическую систему

DEFINITION OF THE POWER CHARACTERISTICS OF THE HELICAL SURFACES TURNING OF HEROTORAL PUMP ROTORS

M.V. Borodin, S.I. Brusov, Dr.Ph., A.S. Tarapanov, Dr.Ph.
Oryol State Technical University
Oryol, tel. (4862) 541503, e-mail: ti@ostu.ru

Annotation

In the report the definition of the power characteristics of the helix surfaces turning of herotoral pump rotors is developed, during which analysis are determined parameters of cutting layer, and also cutting force characteristics depending on parameters of a mode of turning

Механическая обработка винтовых поверхностей деталей машин является одной из наиболее сложных в машиностроении. Один из наиболее универсальных способов получения винтовых поверхностей является обработка точением. Как и в большинстве применяемых кинематических схем, при обработке винтовых поверхностей роторов героторных насосов, инструменту и обрабатываемой заготовке задают согласованные движения

осевого перемещения и вращения [1].

Пространственное отображение схемы резания позволяет просчитать положение режущей кромки в пространстве в любой момент времени и, соответственно, определить значения рабочих углов инструмента и толщину срезаемого слоя на каждом участке режущего лезвия, а также рассчитать силы резания при обработке винтовой поверхности, прогнозировать износ режущих кромок и параметры качества изделия. Сила резания является важным параметром процесса обработки винтовой поверхности, во многом определяющим качество, получаемых роторов, и стойкость режущего инструмента.

Применение дробления на элементарные участки при описании режущих лезвий инструмента для расчета сил резания позволяет использовать зависимость, характерную для инструмента с кинематически простыми движениями, используя соответствующие математические модели.

Математическое отображение схемы резания (рис. 1) при обработке винтовой поверхности точением:

$$\begin{cases} x = \varphi(L) + p\varphi(S); \\ y = (R \sin \varphi(S) - \varphi(L) / \operatorname{tg} \varphi_1 - R) \sin \varphi(V), \\ z = (R \sin \varphi(S) - \varphi(L) / \operatorname{tg} \varphi_1 - R) \cos \varphi(V); \end{cases} \quad (1)$$

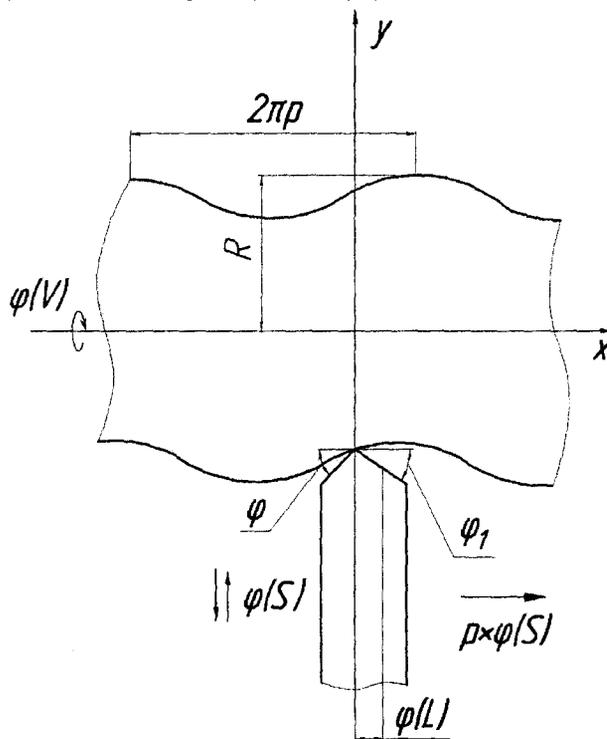


Рисунок 1 – Схема обработки винта героторного насоса точением

где $\varphi(L)$ – параметр режущего лезвия инструмента;

$\varphi(S)$ – подача;

$\varphi(V)$ – угол поворота винта;

φ – угол в плане;

R – начальный радиус винта;

p – винтовой параметр.

Частные производные по параметру движения подачи:

$$\begin{cases} \frac{\partial x}{\partial \varphi(S)} = p; \\ \frac{\partial y}{\partial \varphi(S)} = R \cos \varphi(S) \sin \varphi(V); \\ \frac{\partial z}{\partial \varphi(S)} = R \cos \varphi(S) \cos \varphi(V). \end{cases} \quad (3)$$

– частные производные по параметру режущей кромки

$$\begin{cases} \frac{\partial x}{\partial \varphi(L)} = 1; \\ \frac{\partial y}{\partial \varphi(L)} = \frac{-\sin \varphi(V)}{\operatorname{tg} \varphi_1}; \\ \frac{\partial z}{\partial \varphi(L)} = \frac{-\cos \varphi(V)}{\operatorname{tg} \varphi_1}. \end{cases} \quad (4)$$

Вектор, в направлении которого изменяется толщина срезаемого слоя, должен быть перпендикулярен к этой плоскости в данной точке:

$$\bar{a} = \{a_x; a_y; a_z\} \quad (5)$$

где составляющие вектора толщины

$$a_x = \frac{-\sin \varphi(V)((R \sin \varphi(S) - \varphi(L) / \operatorname{tg} \varphi_1 - R) \sin \varphi(V) + R \cos \varphi(S) \cos \varphi(V))}{\operatorname{tg} \varphi_1}; \quad (6)$$

$$a_y = (R \cos \varphi(S) \cos \varphi(V) - (R \sin \varphi(S) - \varphi(L) / \operatorname{tg} \varphi_1 - R) \sin \varphi(V)) \operatorname{tg} \varphi_1; \quad (7)$$

$$a_z = ((R \sin \varphi(S) - \varphi(L) / \operatorname{tg} \varphi_1 - R) \cos \varphi(V) + R \cos \varphi(S) \sin \varphi(V)). \quad (8)$$

Методика расчета силы аналогична фрезерованию [3].

Исследование составляющих сил резания производилось при обработке винтовой поверхности резцами с радиусом при вершине и круглым резцом (рис. 2).

При изменении подачи для круглого резца значение изменения составляющих сил резания не значительно, как и для резца с радиусом при вершине. Также составляющие силы резания не изменяются и при изменении радиуса обрабатываемой заготовки. С уменьшением винтового параметра p составляющие силы резания уменьшаются, а увеличение n оборотов заготовки практически не приводит к их изменению.

При обработке круглым резцом с увеличением радиуса пластины, происходит увеличение составляющих сил резания; при точении резцом с радиусом при вершине, с его увеличением, также наблюдается увеличение составляющих сил резания.

Наибольшее значение составляющие силы резания имеют при обработке резцом с радиусом при вершине и наименьшее значение при обработке круглым резцом. Причем амплитуда изменения составляющих сил резания уменьшается в $2,5 \div 3$ раза.

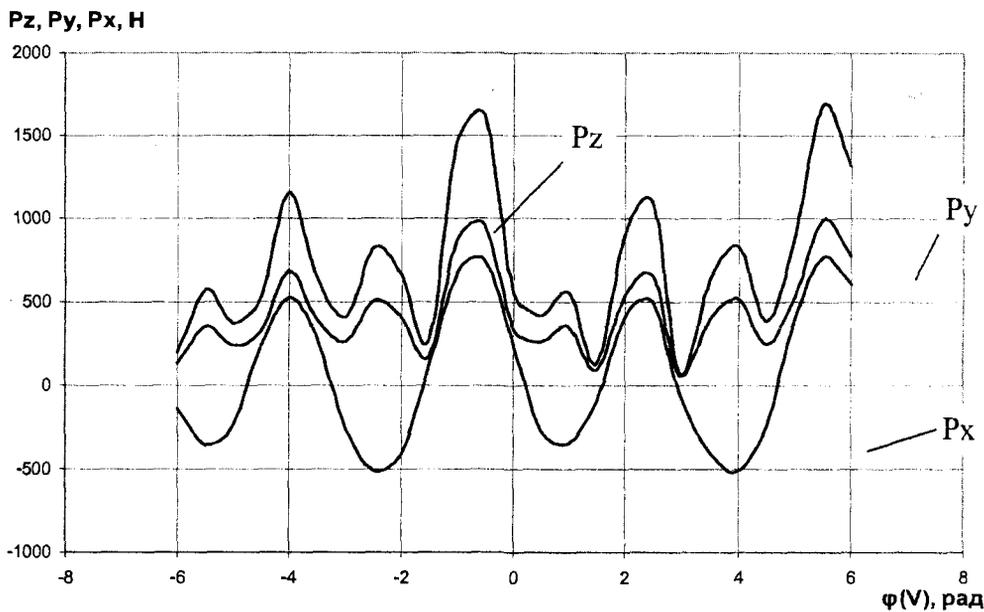


Рисунок 2 – Составляющие силы резания P_z , P_y , P_x при изменении угла поворота винта (точение производится резцом с круглой пластиной радиусом $r = 5$ мм ($n_b = 200$ об/мин; $R_{заг} = 34$ мм; $P = 28$ мм).

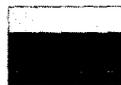
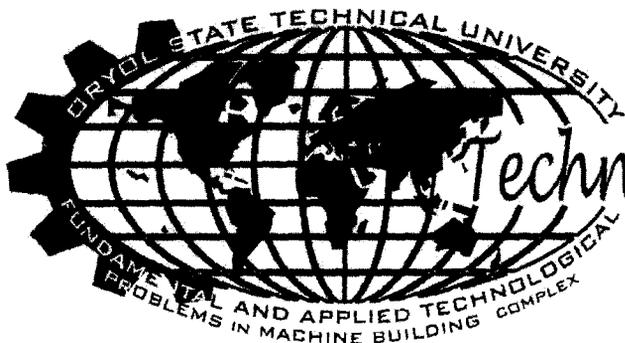
Анализ результатов расчетов позволяет сделать вывод о неравномерности силового воздействия инструмента с различными режущими кромками на технологическую систему.

В зависимостях для определения составляющих силы резания использовались значения кинематических изменений углов режущей части инструмента и геометрических параметров срезаемого слоя, при помощи которых возможно определить погрешность обработки, параметры шероховатости и износ инструмента при обработке винтовой поверхности ротора героторного насоса.

Применяя полученные зависимости, можно найти составляющие силы резания в любой момент работы инструмента при обработке винтовой канавки для любых начальных параметров, профиля, шага и угла подъема винтовой линии с любыми допустимыми параметрами процесса резания.

Литература:

1. Балденко, Д.Ф. Винтовые насосы [Текст] / Д.Ф. Балденко. – М.: Машиностроение, 1982. – 224 с.
2. Брусов, С.И. Комплексный анализ параметров лезвийной обработки винтовых поверхностей [Текст] / С.И. Брусов, А.С.Тарапанов, Г.А. Харламов. – М.: Машиностроение-1, 2006. – 128 с.
3. Бородин, М.В. Определение силовых характеристик обработки винтовых поверхностей роторов героторных насосов [Текст] / М.В. Бородин, С.И. Брусов, А.С. Тарапанов // Труды международного научного симпозиума «Гидродинамическая теория смазки – 120 лет». Т. 2. – Орел.: ОрелГТУ, 2006. – С. 257–265



Russia,
Orel

Technology 2007



Helsinki,
Finland

УДК 621.914.7+621.992.5

ОПИСАНИЕ ИСХОДНОЙ ВИНТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПРОФИЛИРОВАНИИ ВИНТОРЕЗНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

М.В. Жуплов, С.И. Брусов, к.т.н., А.С. Тарапанов, д.т.н., профессор
Орловский Государственный Технический Университет
Орел, тел. (4862) 541503, e-mail: ti@ostu.ru

Аннотация

Представлено дискретное описание исходной винтовой поверхности для профилирования обрабатывающего ее инструмента. Приведены примеры дискретно заданных уравнений винтовых поверхностей с различными направляющими

THE DESCRIPTION OF AN INITIAL HELIX SURFACE AT PROFILING SCREW-CUT TOOLS

M.V. Zhuplov, S.I. Brusov, Dr.Ph., A.S. Tarapanov, Dr.Ph.
Oryol State Technical University
Oryol, tel. (4862) 541503, e-mail: ti@ostu.ru

Annotation

The discrete description of an initial helix surface for profiling of the processing tool is submitted. The examples of the discretely equations of helix surfaces with various directing are given

При проектировании инструмента для обработки винтовой поверхности при помощи САПР, на первом этапе перед конструктором-инструментальщиком стоит задача математического описания исходной винтовой поверхности как для графических, так и аналитических методов профилирования.

Т.е. в САПР инструмента необходимо ввести модуль построения исходной винтовой поверхности с возможностью ее редактирования, при этом конструктору необходимо вводить исходные данные максимально

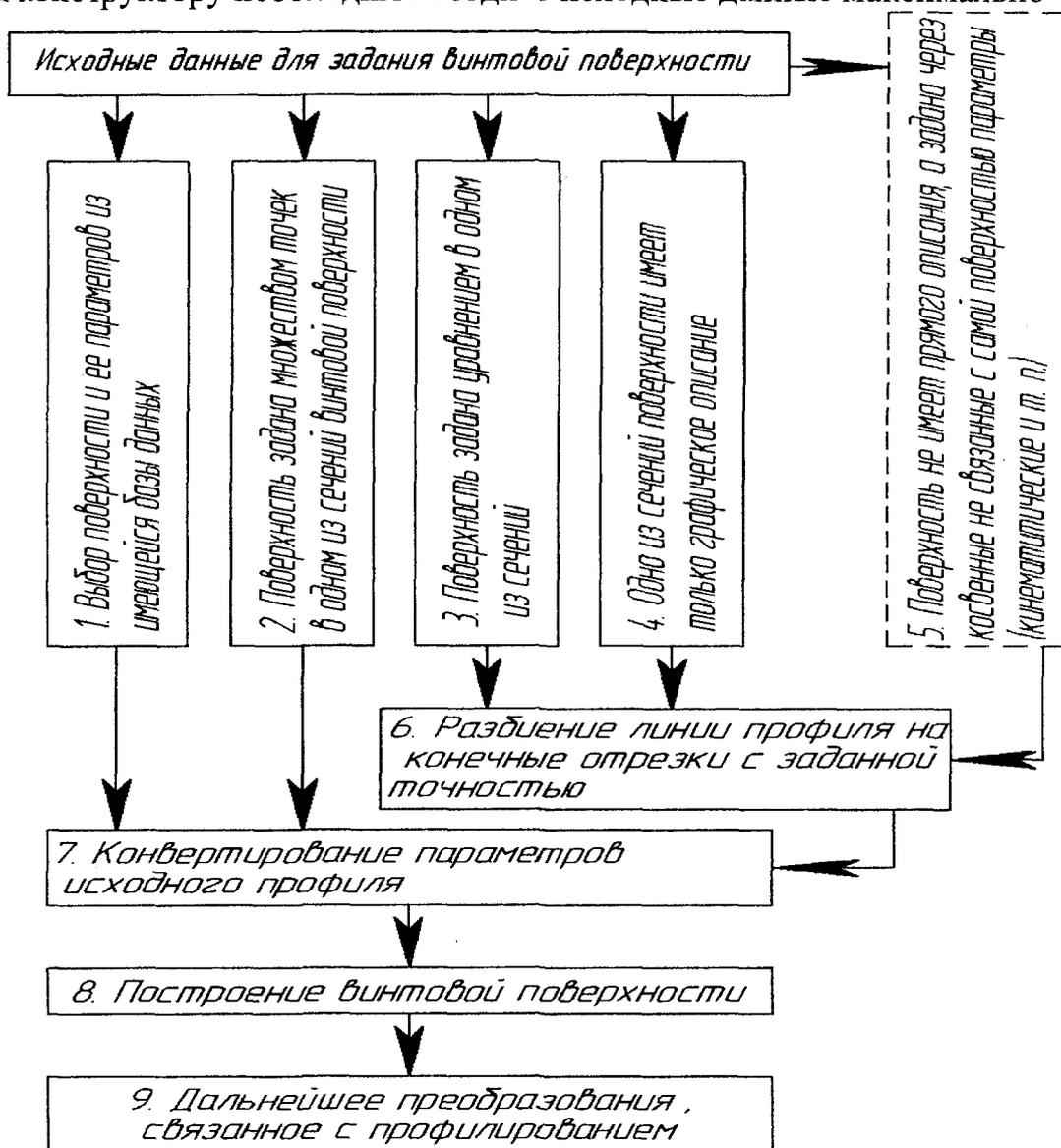


Рисунок 1 – Схема получения винтовой поверхности в дискретных координатах

быстро и удобно. На рис. 1 представлена схема автоматизированного представления исходных данных для последующего профилирования обрабатывающего инструмента. Математическое описание всех поверхностей деталей машин можно свести к трем типам.

1. Поверхности, строго подчиняющиеся математическим уравнениям, и их форма и расположение в пространстве определены; эти поверхности называются алгебраическими.

2. Поверхности, форма которых задана отдельными точками, координаты точек заданы в виде числовых отметок, сведенных в таблицы; эти поверхности называются поверхностями с числовыми отметками.

3. Поверхности, форма которых определяется конструктивно, необходимостью и не подчинена математическим уравнениям; эти поверхности называются конструктивными [2].

Необходимость их единого представления очевидна. Наиболее общим будет дискретное описание исходной винтовой поверхности в виде:

$$\begin{aligned}x_{ij} &= [r(\psi_0 + \Delta\psi_i) + f_1(\Delta\theta_j)] \cos(\psi_0 + \Delta\psi_i \pm \Delta\theta_j); \\y_{ij} &= [r(\psi_0 + \Delta\psi_i) + f_1(\Delta\theta_j)] \sin(\psi_0 + \Delta\psi_i \pm \Delta\theta_j); \\z_{ij} &= z_0 + [p_v + f_2(\Delta\theta_j)] \Delta\theta_j.\end{aligned}$$

где $\Delta\psi_i$ – приращение угла между радиус-вектором и осью OX для i -ой точки, лежащей на торцевом профиле, $\Delta\psi_i = i\Delta\psi$;

$\Delta\psi$ – величина задаваемого приращения угла для соседних точек в торцевом профиле;

ψ_0 – угол между радиус-вектором и осью OX для начальной точки, лежащей на торцевом профиле;

$r(\psi_0 + \Delta\psi_i)$ – радиус-вектор точки на торцевом профиле винта для i -ой точки торцевого профиля;

$\Delta\theta_j$ – приращение генерирующего параметра (текущий угол поворота точки вокруг оси OZ) для j -ой точки на винтовой линии, $\Delta\theta_j = j\Delta\theta$;

$\Delta\theta$ – величина задаваемого приращения угла для соседних точек винтовой линии;

$f_1(\Delta\theta_j)$ – приращение радиуса-вектора как функции от $\Delta\theta_j$;

z_0 – начальная аппликата винтовой поверхности;

p_v – винтовой параметр;

P – шаг винтовой линии;

$f_2(\Delta\theta_j)$ – приращение параметра p_v как функции от $\Delta\theta_j$.

Если $f_1(\Delta\theta_j) = 0$ и $f_2(\Delta\theta_j) = 0$, то винтовая поверхность располагается на цилиндре и имеет постоянный шаг.

В таблице 1 приведены примеры задания образующих винтовой поверхности на основе уравнений (1). В таблице 2 – примеры поверхностей с этими образующими на основе той же модели (1).

Таблица 1 – Дискретно заданные уравнения образующих линий винтовых поверхностей, применяемых в машиностроении

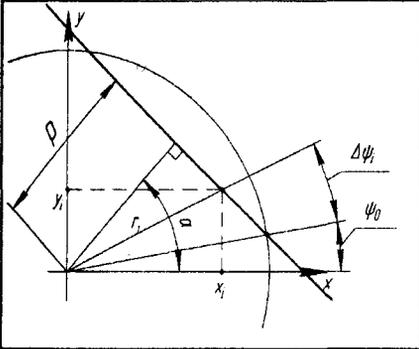
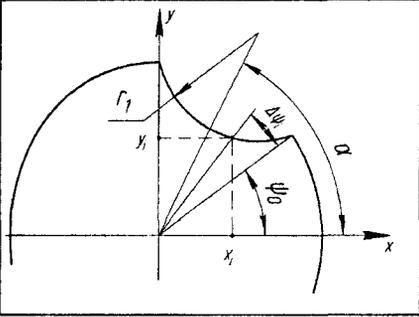
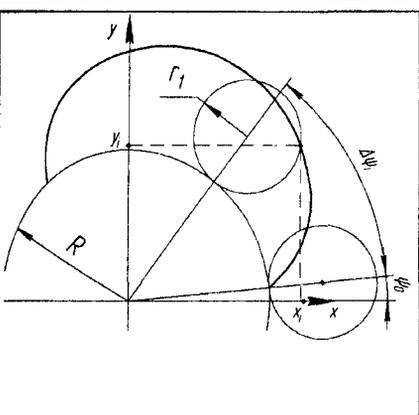
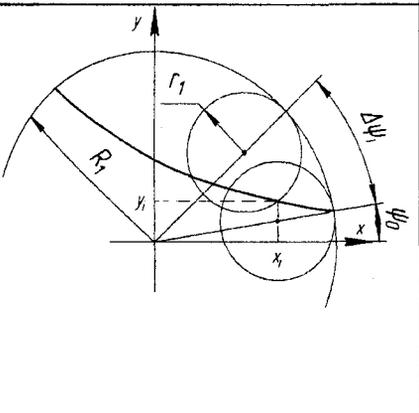
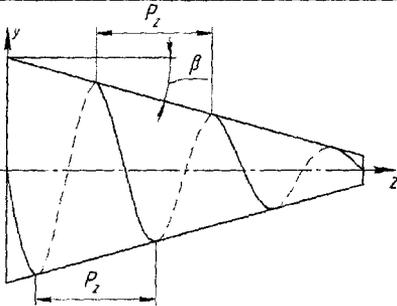
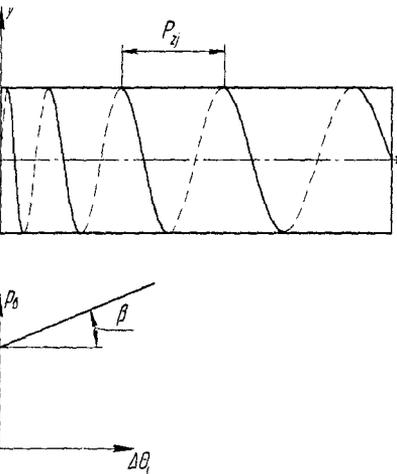
Образующие винтовых поверхностей	Уравнение линий в дискретных координатах	Применение
	<p>Прямая:</p> $x_i = \frac{P}{\cos(\psi_0 + \Delta\psi_i - \alpha)} \cdot \cos(\psi_0 + \Delta\psi_i);$ $y_i = \frac{P}{\cos(\psi_0 + \Delta\psi_i - \alpha)} \cdot \sin(\psi_0 + \Delta\psi_i)$	Фрезы, спиральные сверла и т.п.
	<p>Окружность:</p> $x_i = 2r_1 \cdot \cos(\psi_0 + \Delta\psi_i - \alpha) \cos(\psi_0 + \Delta\psi_i);$ $y_i = 2r_1 \cdot \cos(\psi_0 + \Delta\psi_i - \alpha) \sin(\psi_0 + \Delta\psi_i)$	
	<p>Эпициклоида:</p> $x_i = (R_1 + r_1) \cos(\psi_0 + \Delta\psi_i) - r_2 \cos\left[\left(\frac{R_1 + r_1}{r_1}\right)(\psi_0 + \Delta\psi_i)\right];$ $y_i = (R_1 + r_1) \sin(\psi_0 + \Delta\psi_i) - r_2 \sin\left[\left(\frac{R_1 + r_1}{r_1}\right)(\psi_0 + \Delta\psi_i)\right];$ $r_1 = r_2$	Винты винтовых насосов
	<p>Гипоциклоида:</p> $x_i = (R_1 - r_1) \cos(\psi_0 + \Delta\psi_i) - r_2 \cos\left[\left(\frac{R_1 - r_1}{r_1}\right)(\psi_0 + \Delta\psi_i)\right];$ $y_i = (R_1 - r_1) \sin(\psi_0 + \Delta\psi_i) - r_2 \sin\left[\left(\frac{R_1 - r_1}{r_1}\right)(\psi_0 + \Delta\psi_i)\right];$ $r_1 = r_2$	

Таблица 2 – Примеры дискретно заданных уравнений винтов поверхностей с различными направляющими

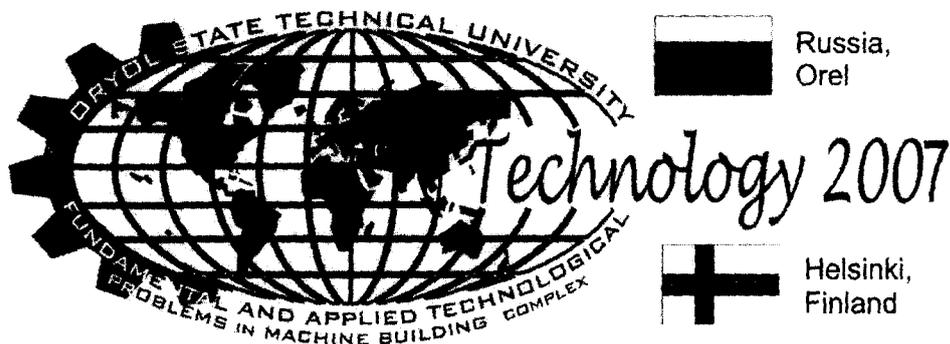
Вид направляющих винтовых поверхностей	Математическое описание
	<p>Образующая прямая, направляющая коническая винтовая линия:</p> $x_{ij} = \left[\frac{p}{\cos(\psi_0 + \Delta\psi_i - \alpha)} - \Delta\theta_j \cdot \operatorname{tg}\beta \right] \cos(\psi_0 + \Delta\psi_i \pm \Delta\theta_j);$ $y_{ij} = \left[\frac{p}{\cos(\psi_0 + \Delta\psi_i - \alpha)} - \Delta\theta_j \cdot \operatorname{tg}\beta \right] \sin(\psi_0 + \Delta\psi_i \pm \Delta\theta_j);$ $z_{ij} = z_0 + p_B \Delta\theta_j.$ <p>Образующая окружность, направляющая коническая винтовая линия:</p> $x_{ij} = \left[(2r_1 \cdot \cos(\psi_0 + \Delta\psi_i - \alpha)) - \Delta\theta_j \cdot \operatorname{tg}\beta \right] \cos(\psi_0 + \Delta\psi_i \pm \Delta\theta_j);$ $y_{ij} = \left[(2r_1 \cdot \cos(\psi_0 + \Delta\psi_i - \alpha)) - \Delta\theta_j \cdot \operatorname{tg}\beta \right] \sin(\psi_0 + \Delta\psi_i \pm \Delta\theta_j);$ $z_{ij} = z_0 + p_B \Delta\theta_j.$
 <p>Винтовой параметр p_B изменяется линейно</p>	<p>Образующая прямая, направляющая винтовая линия переменного шага:</p> $x_{ij} = \left[\frac{p}{\cos(\psi_0 + \Delta\psi_i - \alpha)} \right] \cos(\psi_0 + \Delta\psi_i \pm \Delta\theta_j);$ $y_{ij} = \left[\frac{p}{\cos(\psi_0 + \Delta\psi_i - \alpha)} \right] \sin(\psi_0 + \Delta\psi_i \pm \Delta\theta_j);$ $z_{ij} = z_0 + [p_B + \Delta\theta_j \cdot \operatorname{tg}\beta] \Delta\theta_j.$ <p>Образующая окружность, направляющая винтовая линия переменного шага:</p> $x_{ij} = \left[(2r_1 \cdot \cos(\psi_0 + \Delta\psi_i - \alpha)) \right] \cos(\psi_0 + \Delta\psi_i \pm \Delta\theta_j);$ $y_{ij} = \left[(2r_1 \cdot \cos(\psi_0 + \Delta\psi_i - \alpha)) \right] \sin(\psi_0 + \Delta\psi_i \pm \Delta\theta_j);$ $z_{ij} = z_0 + [p_B + \Delta\theta_j \cdot \operatorname{tg}\beta] \Delta\theta_j.$

Точность профилирования напрямую зависит от количества точек, заданных в торцевом сечении винтовой поверхности, в связи с необходимостью представления профиля в виде плавной непрерывной образующей исходной винтовой поверхности отпадает. Данный вариант не всегда будет приемлемым, так как не все образующие винтовых поверхностей подчиняются математическим уравнениям. В этом случае придется применять сложные аппроксимации, что приведет к потере точности. Также такой подход подразумевает получение уравнения полученного профиля в виде аналитической зависимости, что также не всегда возможно.

На основании этого можно сделать вывод, что исходную винтовую поверхность легче представить в виде набора координат точек. Современные САД-программы имеют дискретность от 0,001 до 0,0001 мм, что является вполне достаточным, т.к. эти значения значительно меньше допусков, применяемых в машиностроении.

Литература

1. Гречишников, В.А. Системы автоматизированного проектирования режущих инструментов [Текст] / В.А. Гречишников. – М.: ВНИИТЭРМ. 1988. – 50 с.
2. Дружинский, И.А. Методы обработки сложных поверхностей на металлорежущих станках [Текст] / И.А. Дружинский. – М.-Л.: Машиностроение, 1965. – 600 с.
3. Радзевич, С.П. Формообразование поверхностей деталей. Основы теории [Текст] / С.П. Радзевич. – К.: Растан, 2001. – 592 с.



УДК 621.793

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
ВИБРОАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ЗА СЧЕТ УПРАВЛЕНИЯ
СЪЕМОМ МЕТАЛЛА НА РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКАХ ДЕТАЛИ**

Копылов Ю.Р., д.т.н., проф., Емельянов С.В., аспирант
Воронежский государственный технический университет

Аннотация

В статье анализируются вопросы повышения качества и производительности виброабразивной обработки за счет управления съемом металла на различных участках детали

**IMPROVEMENT OF QUALITY AND PRODUCTIVITY
ВИБРОАБРАЗИВНОЙ OF PROCESSING DUE TO MANAGEMENT
СЪЕМОМ OF METAL ON VARIOUS SITES OF THE DETAIL**

Kopylov J.R., , Dr., Ph., Emeljanov S.V., the post-graduate student
The Voronezh State Technical University

Annotation

In clause(article) questions of improvement of quality and productivity special processings are analyzed due to management съемом metal on various sites of a detail

В машиностроении изготавливаются детали сложной формы из штампованных и литых заготовок типа стоек шасси, корпусов турбонасосных агрегатов и др., которые работают в условиях интенсивных динамических нагрузок и нуждаются в виброабразивной зачистке и виброударном упрочнении с закреплением [1]. Современные технологии виброабразивной обработки не обеспечивают требуемого съема металла, а выполнять упрочнение по дефектному слою, из-за снижения в этом случае усталостной прочности, не допускается. В производстве увеличение съема обеспечивается за счет повышения зернистости абразивных гранул, увеличения амплитуды колебаний и продолжительности обработки, однако

это повышает их износ, увеличивает предельно снижаемую высоту микронеровностей, уменьшает производительность.

В работе для повышения съема вибрирующая инструментальная среда поджимается в замкнутом объеме контейнера, при сохранении виброударного характера перемещений, а детали сообщаются синхронные угловые колебания. В результате этого увеличивается время соударений, за счет повышения усилия прижатия гранул к детали и более интенсивных касательных перемещений, обеспечивается большая вероятность микрорезания и повышается съем металла [1].

Заготовка стойки шасси штамповано-сварная, изготовлена из стали 30ХГСНА. Шероховатость наружной поверхности после пескоструйной, абразивной зачистки и химического травления $Rz = 28 - 32$ мкм, волнистость $Wz = 120 - 290$ мкм, толщина дефектного слоя от 40-50 до 100-120 мкм. После виброабразивной зачистки $Rz = 12 - 16$ мкм, виброударного упрочнения $Rz = 5 - 8$ мкм. Внутренняя поверхность гидроцилиндра обрабатывается по шестому качеству.

В связи с нелинейностью и многофакторным влиянием режимов на съем, исследования осуществляется посредством математического моделирования с экспериментальной проверкой. При моделировании приняты следующие допущения. Косые ударные взаимодействия гранул характеризуются коэффициентом восстановления R_γ , коэффициентами сухого f и вязкого λ ударного трения. Контактные процессы соударений со скоростью до 150 см/с описываются теорией Герца, модулем Юнга E , коэффициентом Пуассона ν [2]. При формировании пластических отпечатков используются работы Кудрявцева [3]. Абразивная гранула моделируется сферой; абразивные зерна - выступающими усеченными конусами; угол и радиус конусов, плотность их распределения имеет вероятностный характер. Прочность абразивных зерен превышает прочность материала заготовки, прочность связки - меньше. Смещения зерен в течение тактов соударений не происходит. Физико-механические свойства материала, масса и диаметр гранул принимаются постоянными. Амплитуда колебаний всех сплайнов заготовки и контейнера одинакова.

Инструментальная среда, состоящая из формованных абразивных призматических гранул ПТ-10 зернистость №16, заполняет 60-90% свободного объема между контейнером и деталью. Под действием интенсивных колебаний контейнера и закрепленной в нем детали с амплитудой скорости $A_d = A_k \leq 90 - 120$ см/с и синхронных угловых колебаний детали, гранулы совершают циркуляционные и виброударные перемещения и производят обработку. Время моделирования не менее 20-40 периодов стационарных колебаний разбивается на кадры, продолжительность которого равняется $0,000001 \times T$, где T - период вынужденных плоскостных колебаний. Наружный контур детали (диаметром 14,0 см) с проушинами и кронштейном разделен на 431 участок (рис. 1,б). Инструментальная среда в сечении делится на ячейки

$S_{я} = (3 + 4)S_{гр}$, где $S_{гр}$ – площадь поперечного сечения гранулы. Длина участка и стороны ячейки $l_{спл} \approx 0,25$ см. Начальные и текущие координаты положений гранул и участков в сечениях детали и контейнера, скорости и фазовые углы виброперемещений детали и контейнера, технологические параметры процесса вычисляются посредством операционных систем Delphi-6, MathCAD 2000, метода Адамса второго порядка, программного комплекса GranMoS и др. программ.

Удельный массовый съем металла с j -ого участка поперечного сечения заготовки, достигаемый при плоскостных колебаниях детали с контейнером и синхронных угловых колебаниях детали, характеризуется зависимостью

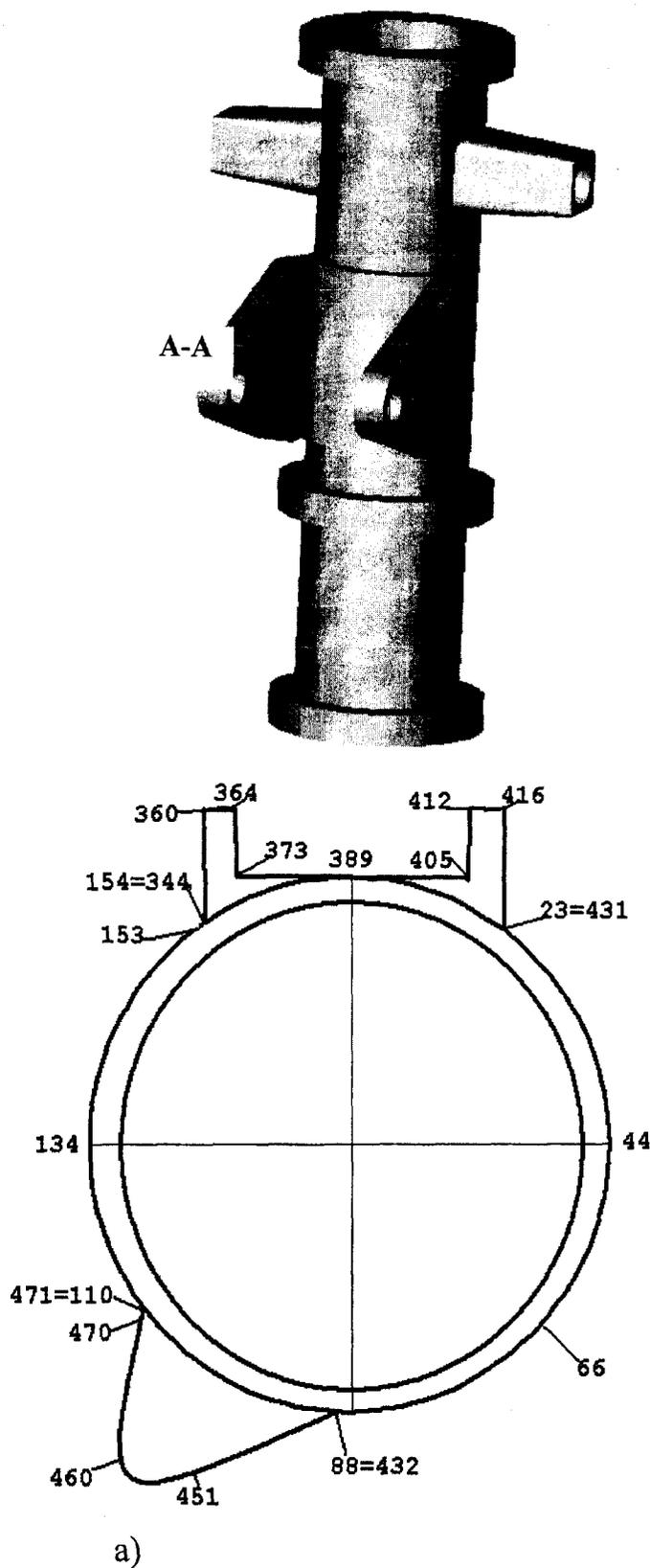
$$C_{mj} \cong (A_{дк}\omega^2 + A_{\phi}\omega_{\phi}^2)g^{-1}P_{\phi}tk_3k_{зи}^{см}k_{фд}k_{фт}k_{мр} \left\{ \frac{\mathcal{E}_{\tau_{ij}}\rho_d}{2,857\sigma_B} \sqrt{1 + \frac{L_{ск_{ij}}^2}{4h_{o_{ij}}D_{гр}}} \right\}. \quad (1)$$

Здесь $A_{дк}, A_{\phi}$ – амплитуды плоскостных колебаний детали с контейнером и угловых бигармонических колебаний детали; ω, ω_{ϕ} – частоты плоскостных и угловых колебаний; g – ускорение свободного падения; P_{ϕ} – вероятность скольжения гранул при косых соударениях поверхности детали с инструментальной средой; t – время обработки; k_3 – коэффициент загрузки контейнера; $k_{зи}^{см}, k_{зи}^h$ – коэффициенты влияния зернистости на съем и шероховатость; $k_{фд} = 1-3$ – коэффициент формы детали; $k_{фт} = 2-3$ – коэффициент траектории; $k_{мр}$ – вероятность микрорезания; $\rho_d; \sigma_B$ – плотность и предел прочности материала; $\mathcal{E}_{\tau_{ij}}$ – энергия соударений j -го участка детали

$$\mathcal{E}_{\tau_{ij}} = \frac{2m_{гр_{ij}}((A_{дк_j} + A_{гр_{ij}})\omega \cdot \cos \varepsilon_{ij})^2 + 2m_{гр_{ij}}(A_{\phi}\omega_{\phi} \cos \varepsilon_{\phi})^2}{0,5 - \psi(\omega_{\phi}) - \psi(0,5\omega_{\phi}) - 2/(1 - R_{\gamma}^2)}, \quad (2)$$

$L_{ск_{ij}}$ – путь скольжения гранул; $D_{гр}$ – диаметр гранулы; $h_{o_{ij}}$ – глубина внедрения зерен; $m_{гр_{ij}}$ – масса группы гранул, участвующих в такте соударений; ε_{ij} – фазовый угол соударений; ε_{ϕ} – фазовый угол угловых колебаний; $\psi(\omega_{\phi})$ – функция вибрационной подвижности абразивных гранул; R_{γ} – коэффициент восстановления скорости косых соударений; ω, ω_{ϕ} – частоты плоскостных и угловых вынужденных колебаний.

Средний удельный массовый $C_M = n^{-1} \sum_{j=1}^n C_{mj}$, мгр/см² час, съем металла, определяемый на всех n участках, при увеличении A_{ϕ} в диапазоне 0,0125–0,2 рад, ($A_{дк}, \omega = \text{const}$) возрастает в 5-6 раз с 23 до 101,24 мгр/см² час (рис. 3, а). Поджатие инструментальной среды – оптимально.



5) Рис. 2. Общий вид стойки шасси (а) и схема нумерации участков (б) в наиболее ложном поперечном сечении А-А (кронштейн на 3-D модели не виден)

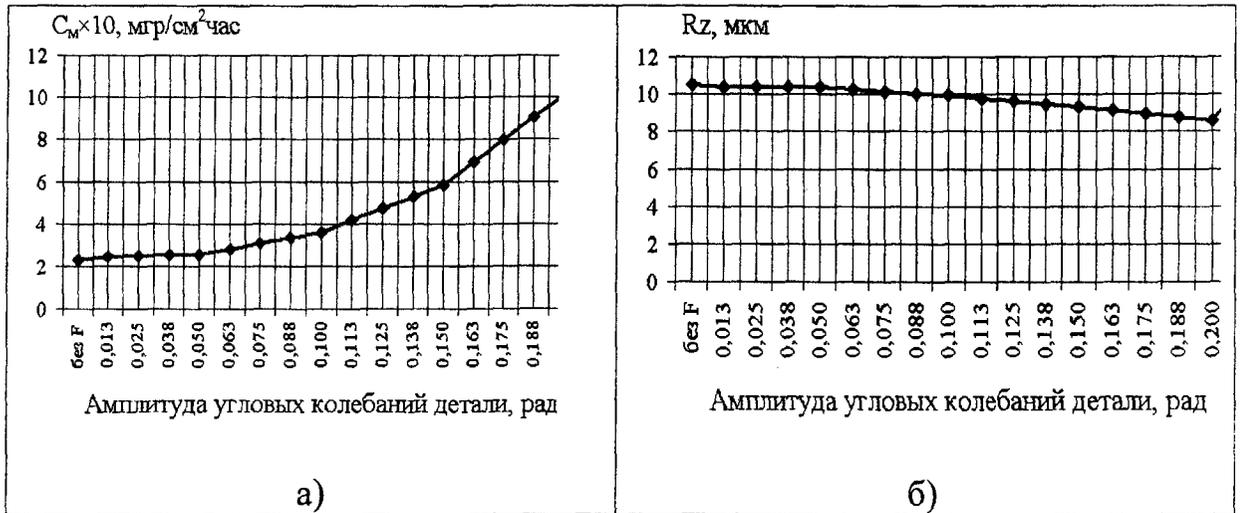


Рис. 3. Зависимость среднего удельного съема C_m (а) и среднеарифметической высоты микронеровностей Rz (б) от амплитуды угловых колебаний A_ϕ ($A_d = A_k = 0,5$ см; $\omega = 131,88$ с⁻¹; гранулы ПТ-10 зернистость №8; материал сталь 30ХГСНА; $Rz_{исх} = 25$ мкм; $k_3 = 0,75$; $t=60$ мин)

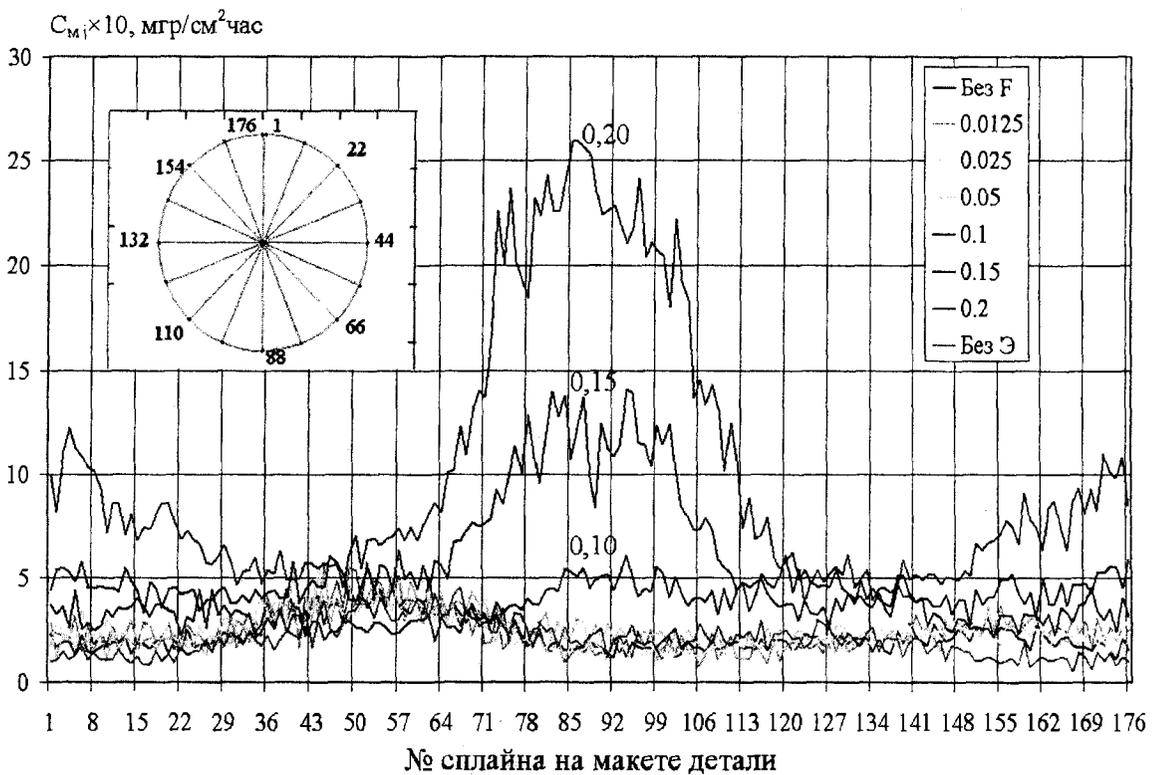


Рис. 4. Изменение C_{mj} на различных участках наружного диаметра детали от амплитуды угловых колебаний A_ϕ ($\omega_\phi = 314$ с⁻¹, $A_d = A_k = 0,5$ см $\omega = 131,88$ с⁻¹;

гранулы ПТ-10 зернистость №8; материал детали сталь 30ХГСНА;
 $Rz_{исх} = 25$ мкм; $k_3 = 0,75$; $t=60$ мин)

Удельный массовый съём на j -ых участках детали C_{mj} при изменении амплитуды A_ϕ и частоты ω_ϕ угловых колебаний имеет полиэкстремальный характер (рис. 4). При больших $A_\phi \geq 0,1$ рад. изменения C_{mj} более значительны и наблюдаются на нижних участках детали, минимальные - на боковых участках. Максимальные C_{mj} превышают минимальные значения в 4,6-5,3 раза. При меньших $A_\phi \leq 0,05$ рад зоны расположения максимальных и минимальных значений C_{mj} смещаются (рис. 4). Максимальные C_{mj} превышают минимальные в 4,6-5,3 раза. Использование угловых колебаний A_ϕ повышает C_{mj} на отдельных участках до 10-15 раз (рис. 4).

Среднеарифметическая высота микронеровностей для j -ого участка поперечного сечения детали, достигаемая при плоскостных колебаниях детали с контейнером и синхронных угловых колебаниях детали, характеризуется зависимостью

$$Rz_j = Rz_{исх} - k_{фд} k_{фг} k_{зи} \frac{Rz_{и\sigma_{ви}}}{Rz_{исх} \sigma_{вд}} \sqrt{\frac{m_{гр}(A_{дj} + A_{грi})\omega \cos \varepsilon_\tau)^2 + (A_\phi \omega_\phi \cos \varepsilon_\phi)^2}{\pi D_{гр} \sigma_v ((\psi(\omega_\phi) - \psi(0,5\omega_\phi)) - (1 - R_\gamma^2))}}. \quad (6)$$

Средняя величина Rz , определяемая на всех n участках детали $Rz = n^{-1} \sum_{j=1}^{j=n} Rz_j$ мкм, при увеличении амплитуды угловых колебаний A_ϕ в диапазоне 0,0125 – 0,2 рад ($\omega = 131,88$ с⁻¹, $A_\phi = 0$), пропорционально уменьшается с n $Rz_{исх} = 28-32$ мм до 8,4-10,3 мкм² час (рис. 3,б).

Изменения Rz_j от амплитуды угловых перемещений детали A_ϕ в диапазоне 0,05-0,2 рад с частотой $\nu_\phi = 50$ Гц в различных участках детали имеет экстремальный характер (рис. 5). В нижней и верхней частях детали значения Rz_j с увеличением A_ϕ интенсивно снижаются: в нижней части (участки 60-120) с 11,7 мкм до 6,2 мкм, в верхней - (участки 1-30 и 150-176) с 12,5 мкм до 7,9 мкм. На боковых участках детали диапазон изменения Rz_j уменьшается: с 11,3 мкм до 9,2 мкм. На рис. 6 представлены эпюры распределения C_{mj} на различных участках наружного диаметра, проушинах и выступающем кронштейне стойки шасси при различных режимах.

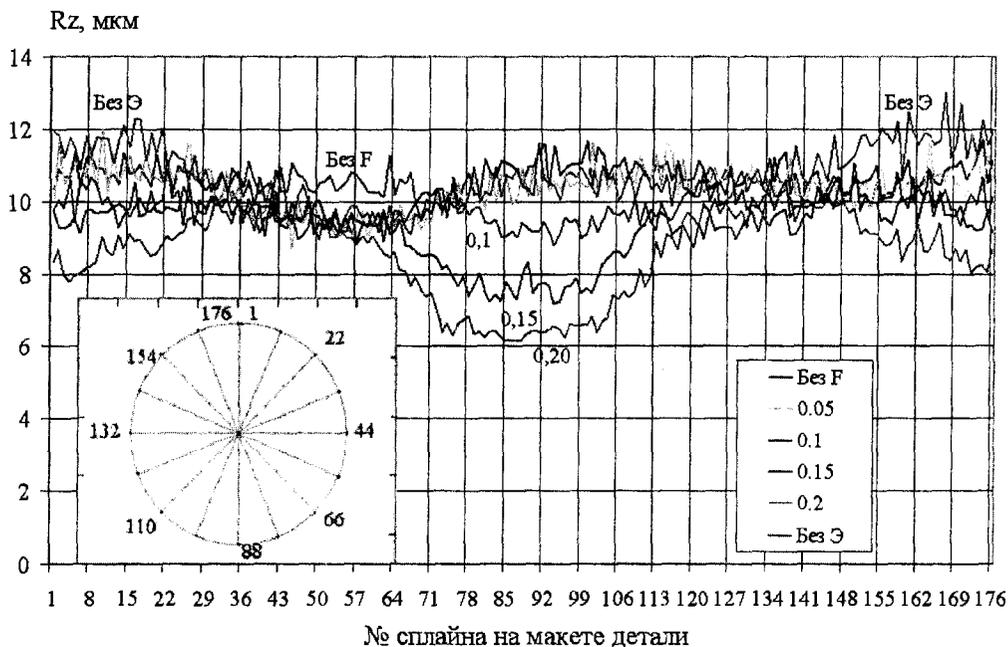


Рис. 5. Изменение Rz_j на различных участках наружного диаметра детали от A_ϕ

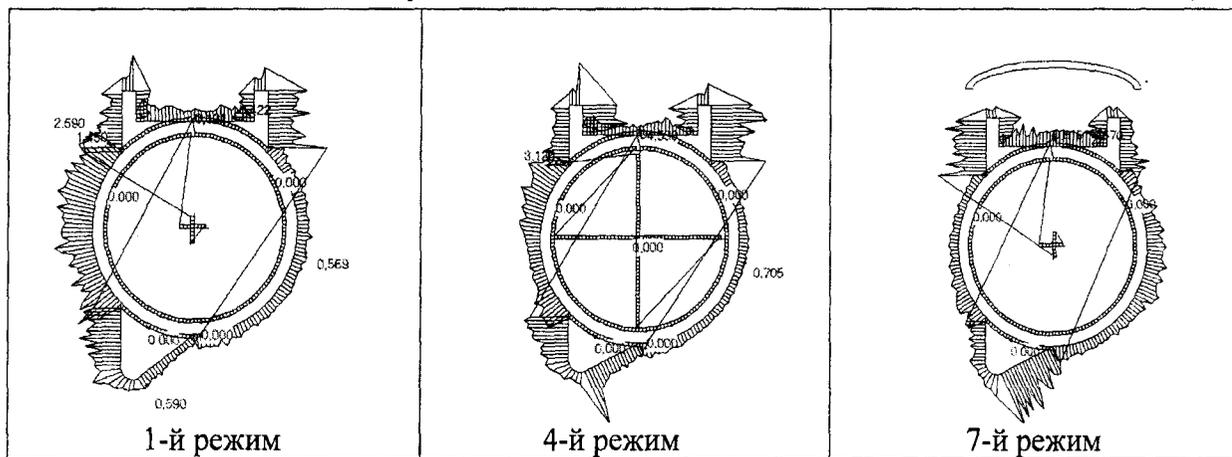
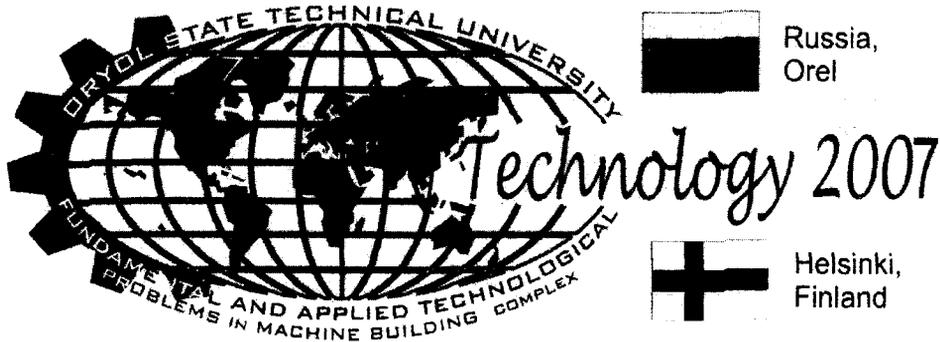


Рис. 6. Эпюры удельного съема C_{Mj} : а - $A_\phi = 0$ $C_M = 10,6$ мгр/см²час; б - $A_\phi = 0,05$ рад $C_M = 19,9$ мгр/см²час; в - $A_\phi = 0,05$ рад с силовым экраном $C_M = 18,7$ мгр/см²час

Список литературы

1. Копылов Ю.Р. Виброударное упрочнение. Воронеж: изд. ВГУ МВД, 1999. 386 с.
2. Копылов Ю.Р. Математическое моделирование процесса виброударного упрочнения деталей сложной формы // Упрочняющие технологии и покрытия. 2005. № 11. С. 3-8
3. Кудрявцев И.В. Основы выбора режимов упрочнения поверхностным наклепом ударным способом // Повышение долговечности деталей машин поверхностным наклепом. Тр. ЦНИИТМАШ. - М., 1965. - Вып. - 108, - С. 3-27.
4. Копылов А.Ю. Численное моделирование погрешностей виброударного упрочнения крупногабаритных деталей сложной формы // Техника машиностроения. 2004. № 5. С. 16-19.



УДК 621.793

ФОРМИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ЦЕНТРОБЕЖНО-РОТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКЕ В СРЕДЕ АБРАЗИВА

Тамаркин М.А., д.т.н., Тищенко Э.Э., к.т.н., Друппов В.В., аспирант
Донской государственной технической университет,
344010, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, ДГТУ,
тел.: (8632)-738725. E-mail: tehn_Rostov@mail.ru

Аннотация

Статья посвящена исследованию процесса центробежно-ротационной обработки в среде абразива. Описана сущность метода, поставлена цель и определены задачи исследований. Приведены зависимости для определения среднего арифметического отклонения профиля установившейся шероховатости, съема металла с поверхности обрабатываемой детали, времени обработки. Полученные зависимости прошли экспериментальную проверку и положены в основу методики оптимизации технологических процессов.

FORMATION OF PARAMETERS OF QUALITY OF THE SURFACE
AT CENTRIFUGAL -ROTATIONAL PROCESSING
IN THE ENVIRONMENT OF THE ABRASIVE
Tamarkin M.A., Tishchenko E.E., Drupпов V.V.

Annotation

Article is devoted to research of process of centrifugal -rotational processing in the environment of an abrasive. The essence of a method is described, the purpose is put and research problems are determined. Dependences for definition of an average arithmetic deviation of a structure of the established roughness, removed metal from a surface of a processable detail, time of processing are resulted. The received dependences have passed experimental

В условиях современного производства основное влияние на качество поверхности и эксплуатационные характеристики деталей машин и приборов оказывают финишные операции, среди которых ведущее место занимают методы обработки в абразивной среде. Абразивная обработка позволяет обеспечить требуемые точность и качество поверхности деталей при высокой производительности, а также высокую надежность и долговечность деталей машин в процессе эксплуатации.

Методы обработки свободными абразивами позволяют осуществлять обработку деталей сложной конфигурации, в больших размерных диапазонах, из различных материалов, при этом используется сравнительно простое и надёжное в эксплуатации оборудование. По сравнению со шлифованием значительно снижается температурный режим процесса, так как скорости резания меньше, а зоны микрорезания обильно омываются технологической жидкостью (ТЖ). При обработке свободными абразивами зерна более полно используют свои режущие способности, так как происходит их переориентация и перемещение в процессе обработки, равномерное распределение их режущих кромок относительно обрабатываемых поверхностей. Это позволяет получать высокое качество обработанной поверхности без прижогов, микротрещин и нежелательных структурных изменений.

Центробежно-ротационная обработка (ЦРО) в среде абразива является одной из разновидностей обработки деталей свободными абразивами. Сущность метода центробежно-ротационной обработки состоит в том, что абразивные частицы 3 и обрабатываемые детали 4 (рис. 1) загружаются в рабочую камеру и приводятся во вращательное движение вокруг вертикальной оси таким образом, что вся масса загрузки приобретает форму тора [1,2], в котором частицы движутся по спиральным траекториям.

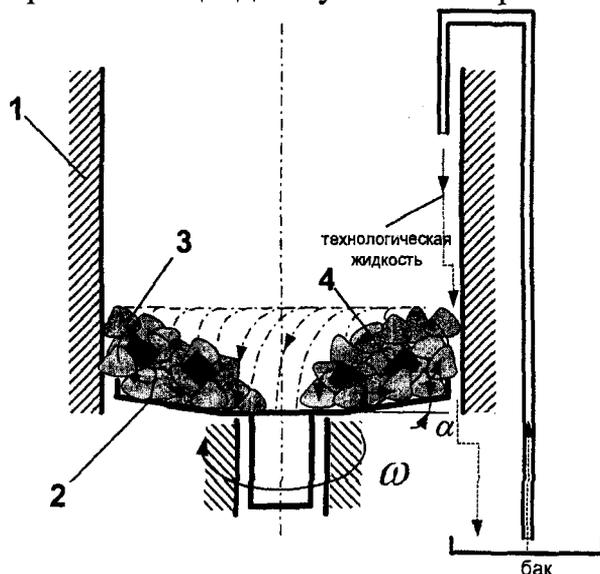


Рис. 1. Центробежно-ротационная обработка в среде абразива

Тороидально-винтовой поток обеспечивается конструкцией рабочей камеры станка, состоящей из неподвижной цилиндрической обечайки 1 и примыкающего к ней вращающегося дна (ротора) 2, имеющего в распространенном варианте форму тарели. Детали загружаются в рабочую камеру навалом, вместе с абразивными частицами. Для уменьшения износа внутренние поверхности дна и неподвижной части рабочей камеры покрывают износостойким материалом. Чаще всего используются резиновые или полиуретановые покрытия.

Детали, обрабатываемые в станке для ЦРО, могут находиться как в свободном, так и в закреплённом состоянии. При обработке мелких маложестких деталей они помещаются в специальные емкости вместе с абразивными частицами, которые затем загружают внавал в рабочую камеру.

Вращение дна станка для ЦРО обычно обеспечивается реверсивным электродвигателем или гидродвигателем. В процессе обработки детали занимают различные положения в рабочей среде, что обеспечивает достаточно равномерную обработку всех поверхностей. Обработка осуществляется с непрерывной подачей технологической жидкости, что необходимо для удаления продуктов износа (частиц металла, абразива) с поверхности деталей и частиц рабочей среды. Таким способом могут обрабатываться детали различной геометрической формы, недеформируемые в тороидально-винтовом потоке. Обработка осуществляется при загрузке рабочей камеры не более 0,5...0,7 объема.

Работоспособность станка для ЦРО в значительной степени определяется надёжностью соединения вращающейся и неподвижной частей рабочей камеры, которое реализуется по нескольким схемам: с зазором, с использованием уплотняющих устройств, с трущимися эластичными элементами или с помощью гидроуплотнений. Соединение вращающейся и неподвижной части рабочей камеры с зазором является простым по конструкции, однако требует точного относительного базирования этих частей, а также точного изготовления и установки кольцевых сменных элементов. Использование соединения с зазором не допускает обработку мелких деталей и мелкого абразивного наполнителя, т.к. это может привести к заклиниванию ротора. Центробежно-ротационные станки с уплотнением ротора и обечайки допускают обработку с более мелким абразивом, нежели описанные выше, однако имеют невысокую долговечность уплотняющих элементов. Использование смазки уплотнения увеличивает их долговечность, но несколько усложняет конструкцию. Схемы с трущимися эластичными элементами и с гидроуплотнением используются редко, так как требуют дополнительных затрат.

Основное отличие центробежно – ротационной обработки от других известных методов обработки в среде свободного абразива (например, виброабразивная обработка) состоит в характере движения частиц рабочей среды и деталей. Сообщение потоку обрабатывающей среды тороидально-

винтового движения обеспечивает высокие относительные скорости частиц абразива и деталей, а также большие силы их взаимодействия. При этом осесимметричный характер потока и его высокая плотность обеспечивают постоянно взаимодействие частиц абразива с обрабатываемыми деталями во всём объёме загрузки. Вследствие этого, метод ЦРО отличается повышенным износом рабочей среды, по сравнению с другими методами, что в свою очередь накладывает определённые ограничения на выбор абразивных частиц для его реализации.

В качестве обрабатывающей среды могут применяться абразивные частицы различной конфигурации: фарфоровые шары, призмы трехгранные, абразивные конуса и т.п. на керамической и полимерной связке, а также абразив естественного происхождения (байкалит, кварцит, гранит, мрамор).

Метод ЦРО в среде абразива может быть применён на операциях: отделки заготовок сложной формы, удаления заусенцев, скругления острых кромок, очистки поверхности (от окалины, ржавчины, нагара, накипи и т.д.), подготовки заготовок под покрытия (гальванические, лакокрасочные, резиновые, клеевые и др.).

ЦРО в среде абразива обладает широкими технологическими возможностями, но имеет несколько особенностей:

1) Тороидально-винтовой поток образуется при определённых угловых скоростях вращения ротора, которые должны определяться экспериментально.

2) Номенклатура и масса обрабатываемых деталей ограничена. Детали малой жёсткости и больших размеров обрабатывать не рекомендуется. Это обусловлено большими скоростями и давлениями в тороидально-винтовом потоке.

3) В поверхностном слое обработанной детали создаются остаточные напряжения сжатия.

4) Может наблюдаться неравномерность обработки участков детали, имеющих различную форму (преимущественное скругление острых кромок, выступов наружных поверхностей).

Можно выделить три группы факторов, влияющих на производительность и качество центробежно-ротационной обработки в среде абразива:

- технологические факторы (угловая скорость вращения ротора, объем загрузки рабочей камеры, объёмное соотношение обрабатываемых деталей и частиц абразивного материала, масса детали и др.);

- параметры рабочей среды (зернистость и грануляция);

- конструктивные параметры элементов станка (неподвижной обечайки и вращающегося ротора).

Результаты проведенных исследований позволяют заключить, что наибольшее влияние на производительность и качество центробежно-ротационной обработки оказывают угловая скорость вращения ротора,

степень заполнения рабочей камеры, грануляция и зернистость рабочей среды.

Целью работы является исследование параметров качества центробежно-ротационной обработки в среде абразива на основе разработки адекватных теоретических моделей формирования характеристик поверхностного слоя деталей с учетом угловой скорости вращения ротора, характеристик среды, степени загрузки рабочей камеры.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Теоретические исследования единичного взаимодействия частиц среды с поверхностью детали.
2. Разработка модели формирования шероховатости поверхности в зависимости от параметров обработки.
3. Теоретические и экспериментальные исследования зависимости съема металла от технологических параметров процесса.
4. Установление степени влияния объема загрузки рабочей камеры на производительность и качество обработки.
5. Определение времени обработки, необходимого для достижения заданной шероховатости поверхности.
6. Разработка методики прогнозирования результатов обработки.
7. Разработка методики оптимизации технологических процессов при решении различных технологических задач.

Проведены теоретические исследования процесса ЦРО в среде абразива. Сделан анализ единичного взаимодействия частицы обрабатываемой среды с поверхностью детали.

Определена максимальная глубина внедрения абразивной частицы при единичном взаимодействии:

$$h_{\max} = 2 \cdot k_m^{0.5} \cdot V_o \cdot R \cdot \sin \beta \cdot \sqrt{\frac{\rho_c}{3 \cdot k_R \cdot c \cdot \sigma_s}}, \quad (1)$$

где k_m - коэффициент, учитывающий влияние соседних частиц при обработке V_o - скорость внедрения движущейся частицы, R - условный радиус частицы, β - угол встречи частицы среды с поверхностью детали (для ЦРО 20-40°), ρ_c - плотность материала частицы; c - коэффициент несущей способности контактной поверхности; σ_s - предел текучести материала детали; k_R - коэффициент, учитывающий влияние зернистости абразивной частицы на фактическую площадь контакта, который определяется по зависимости

$$k_R = \sqrt[3]{\frac{48 \cdot \rho_c}{c \cdot \sigma_s} \cdot \left(\frac{k_p \cdot k_m^{0.5} \cdot V_o \cdot \sin \beta \cdot \chi \cdot Y(\alpha) \cdot (1 - \varepsilon_s) \cdot \bar{x}}{\alpha^2 \cdot (\bar{x}^2 + 3 \cdot \sigma^2)} \right)^2} \quad (2)$$

где χ – доля, занимаемая абразивными частицами в единице объема частицы; $Y(\alpha)$ – функция, зависящая от α ; ε_3 – коэффициент, учитывающий заделку зерен в связке; \bar{x} – средний размер абразивных зёрен; σ – среднеквадратичное отклонение размера зерен; α – коэффициент формы зерна.

Определены характеристики следа единичного взаимодействия. Установлено, что пятно контакта частицы среды с поверхностью обрабатываемой детали представляет собой эллипс, размеры полуосей которого определяются по зависимостям:

$$b = \sqrt{R^2 - (R - h_{\max})^2},$$

$$a = \frac{\pi}{2} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha - f) \cdot h_{\max} + b, \quad (3)$$

где f – коэффициент трения абразивной частицы по поверхности детали.

Образование микрорельефа в процессе обработки происходит путем многократного наложения и пересечения единичных следов. В результате на поверхности детали образуется новый специфический для ЦРО микрорельеф, который характеризуется однородностью свойств по всем направлениям. Для расчета параметров профиля шероховатости обработанной поверхности использована методика, предложенная профессором А.В. Королевым [3] для описания теоретико-вероятностного процесса формирования профиля шероховатости поверхности детали при абразивной обработке. По аналогии с его работами введен критерий образования профиля обрабатываемой поверхности H_{yc} – условная высота неровностей профиля обрабатываемой поверхности. После проведения некоторых преобразований его величина для ЦРО окажется равной

$$H_{yc} = 0,58 \cdot \sqrt{\frac{h_{\max} \cdot l_{ed}}{z_0}}, \quad (4)$$

где z_0 – номинальное количество вершин зерен в объеме рабочего слоя частицы, расположенного над единицей поверхности связки; l_{ed} – единичная длина.

Используя соотношение между H_{yc} и R_a , после преобразований получено значение среднего арифметического отклонения профиля установившейся шероховатости

$$R_{a\ ycm} = 0,09 \cdot \sqrt{\frac{h_{\max} \cdot l_{ed}}{z_0}}$$

При проведении теоретических исследований процесса ЦРО важную роль играет учет как можно большего числа технологических факторов, влияющих на результаты обработки. Некоторые из них, такие как угловая

скорость вращения ротора и характеристики обрабатываемой среды, удалось учесть теоретически. К сожалению, не представляется возможным учесть теоретически такой важный технологический фактор, как объем загрузки рабочей камеры.

Объем загрузки рабочей камеры при ЦРО оказывает существенное влияние на процесс образования тороидально-винтового потока. Варьируя объем загрузки рабочей камеры, не изменяя остальные параметры процесса, можно получить существенно разные значения установившейся шероховатости поверхности и съема металла с поверхности детали. Исходя из этого, возникает необходимость учесть объем загрузки рабочей камеры в виде эмпирических коэффициентов k_Z^{Ra} и k_Z^Q , которые определены при проведении экспериментальных исследований.

Тогда среднее арифметическое отклонение профиля установившейся шероховатости определится как

$$R_{a\text{ усм}} = 0,09 \cdot k_Z^{Ra} \cdot \sqrt{\frac{h_{\max} \cdot l_{\text{вд}}}{z_0}} \quad (5)$$

Установлена зависимость для определения времени, необходимого для достижения установившейся шероховатости поверхности:

$$t_{R_{a\text{ усм}}} = \frac{4k_{np} R_{z_{\text{исх}}} R^2}{P_1 P_2 \omega V} \quad (6)$$

где $R_{z_{\text{исх}}}$ - исходная шероховатость обрабатываемой детали; V - объем металла, удаленного за один удар абразивной частицы; K_{np} - коэффициент, учитывающий вид профиля исходной шероховатости

Проведены исследования съема металла с поверхности обрабатываемой детали. Так как разрушение поверхностного слоя при ЦРО свободным абразивом происходит преимущественно путем микрорезания, при расчете съема металла достаточно учитывать только число взаимодействий, приводящих к микрорезанию. По результатам проведенных исследований получены зависимости для определения съема металла:

$$\begin{aligned} Q &= k_{\phi} k_{m.ж.} k_Z^Q P_1 P_2 \omega t q \frac{S_{\text{дет}}}{4R^2} \text{ при } S_{\text{дет}} > 4R^2 \\ Q' &= k_{\phi} k_{m.ж.} k_Z^Q P_1' P_2 \omega t q \text{ при } S_{\text{дет}} < 4R^2 \end{aligned} \quad (7)$$

где k_{ϕ} - коэффициент формы детали (сложная форма деталей может затруднять доступ абразивных частиц к обрабатываемой поверхности и уменьшать количество взаимодействий), $k_{m.ж.}$ - коэффициент, учитывающий влияние технологической жидкости (использование в составе ТЖ добавок химически активных или поверхностно активных веществ, что приводит к более интенсивному разрушению при единичном взаимодействии), k_Z^Q - коэффициент влияния объема загрузки рабочей камеры; ω - угловая

скорость вращения ротора; P_1 – геометрическая вероятность события, заключающегося в том, что любая точка квадрата упаковки покрывается пятном контакта за один цикл воздействия массы абразивных частиц; P_2 – вероятность события, заключающегося в том, что взаимодействие абразивной частицы с поверхностью детали приведет к микрорезанию; t – время обработки; q – съём металла при единичном взаимодействии; R – радиус абразивной частицы; $S_{дет}$ – площадь обрабатываемой детали.

Проведен значительный комплекс экспериментальных исследований.

При выборе материалов образцов для экспериментальных исследований принимались во внимание проверка универсальности теоретических моделей и возможности широкого применения результатов исследований для обработки деталей из машиностроительных материалов, которые наиболее часто используются в промышленности, поэтому были выбраны образцы из различных материалов: меди, алюминиевых сплавов, сталей.

Для проведения экспериментальных исследований процесса ЦРО в среде абразива использовались следующие абразивные среды:

- фарфоровые шары диаметром 10 мм ТУ-25-11-723-71 (зернистость М60);

- формованный абразивный материал типа призмы трехгранные белые ПТ 15×15 Волжского абразивного завода ТУ 2 – 036 – 925 – 88 (зернистость 25) и ПТ 25×25 Московского абразивного завода ТУ 2 – 036 – 205 – 73 (зернистость 12);

- конус абразивный бело-зеленый на полимерной связке (зернистость 8).

- конус абразивный желтый (зернистость 16).

Экспериментальные исследования проводились с использованием абразивных сред, тщательно промытых от продуктов загрязнений и износа. Сортировка абразивного материала по грануляции производилась с помощью набора сит. После каждого эксперимента отсеивался изношенный абразивный материал и добавлялся новый.

В качестве технологической жидкости для непрерывной промывки использовался 1% раствор кальцинированной соды.

Проведены исследования съема металла и шероховатости поверхности и съема металла от зернистости абразива N_3 , результаты которых представлены на рис. 2-5.

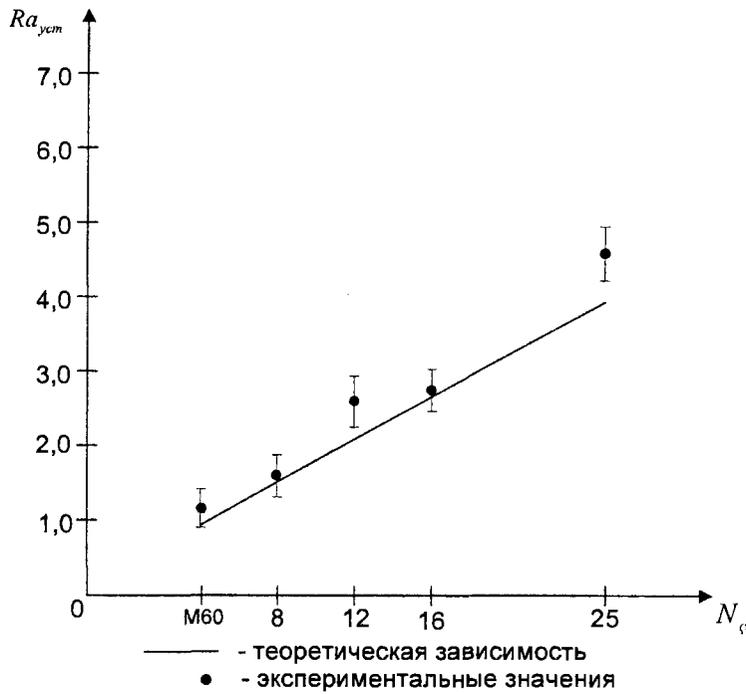


Рис.2. Зависимость установившейся шероховатости поверхности от зернистости абразивных частиц. Материал детали – сталь 45, режимы обработки – частота вращения ротора $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$, объем загрузки – $1,5 \text{ дм}^3$

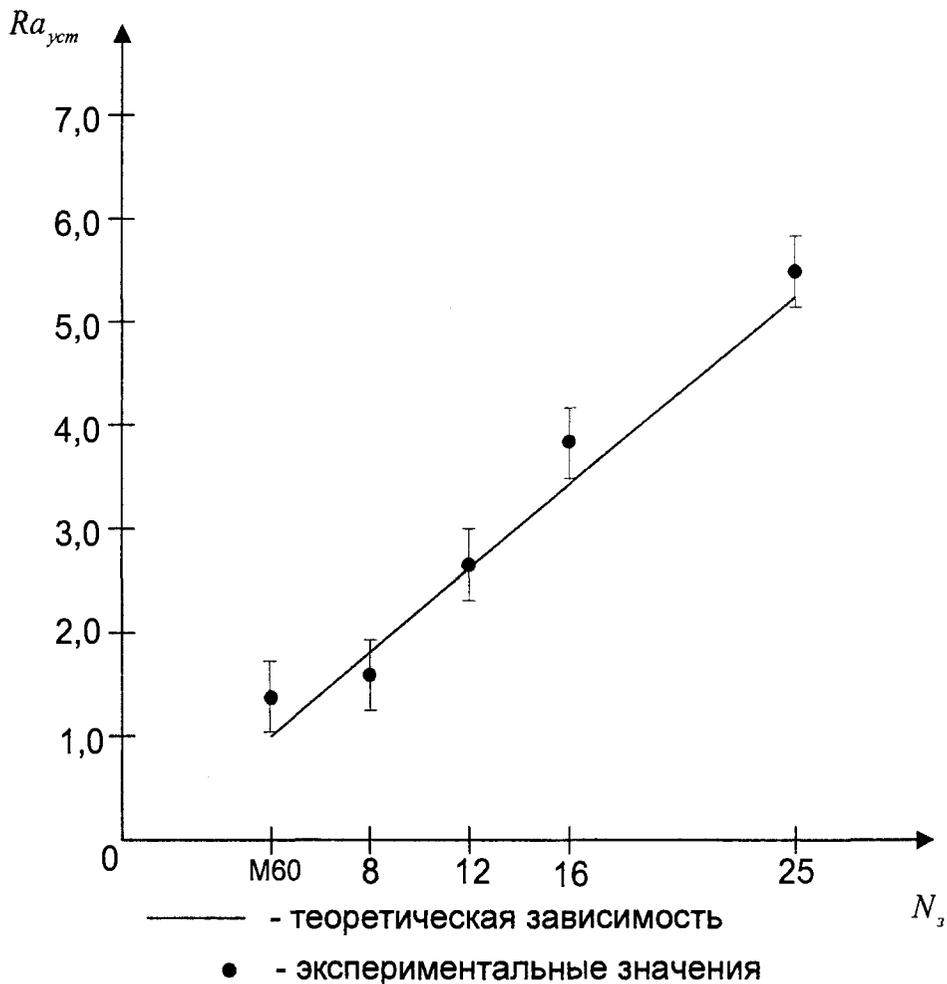


Рис. 3. Зависимость установившейся шероховатости поверхности от зернистости абразивных частиц. Материал детали – алюминиевый сплав Д16Т, режимы обработки – частота вращения ротора $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$, объем загрузки – $2,0 \text{ дм}^3$

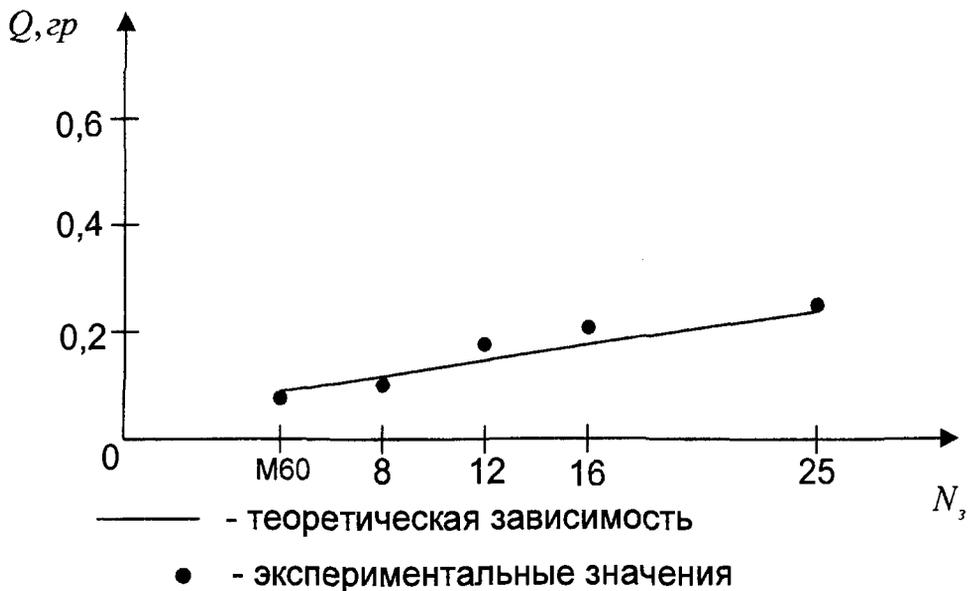


Рис. 4. Зависимость съема металла с поверхности детали от зернистости абразивных частиц. Материал детали – сталь ХВГ, режимы обработки – частота вращения ротора $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$, объем загрузки – $1,5 \text{ дм}^3$

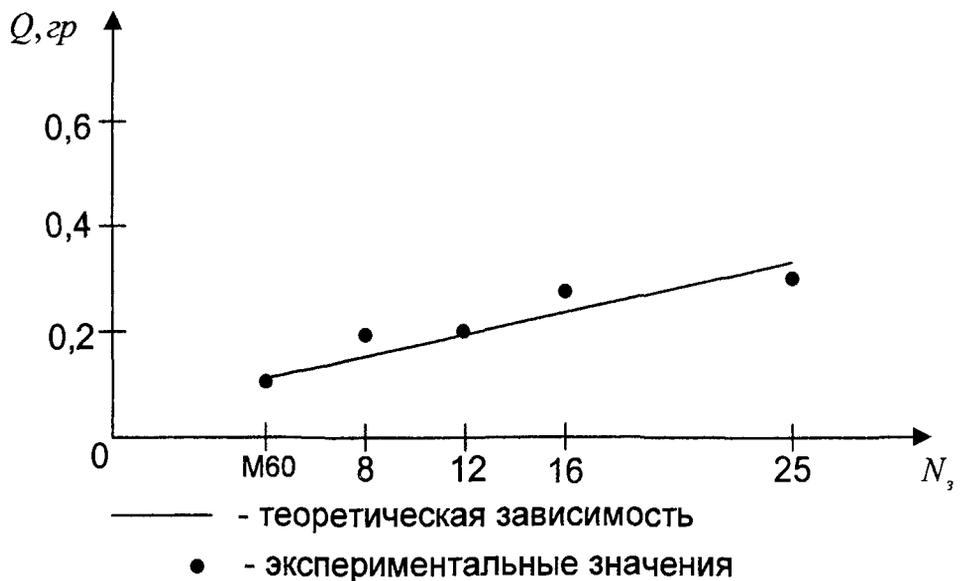


Рис. 5. Зависимость съема металла с поверхности детали от зернистости абразивных частиц. Материал детали – сталь 45, режимы обработки – частота вращения ротора $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$, объем загрузки – $2,0 \text{ дм}^3$

Установлено, что с ростом зернистости абразивных частиц съем металла и установившаяся шероховатость поверхности увеличиваются.

Проведены исследования зависимости установившейся шероховатости поверхности от частоты вращения ротора при обработке в различных абразивных средах, результаты которых представлены на рис. 6-7.

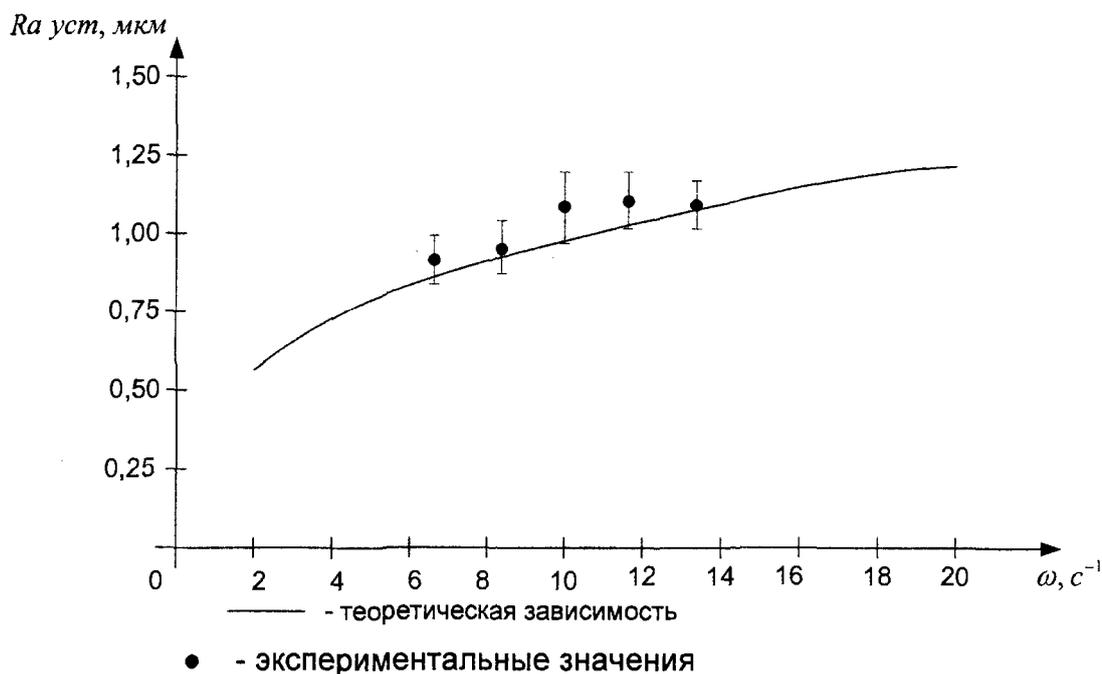


Рис. 6. Зависимость установившейся шероховатости поверхности от частоты вращения ротора при использовании в качестве абразивной среды фарфоровых шаров, объем загрузки - $1,5 \text{ дм}^3$, материал образца - сталь ХВГ

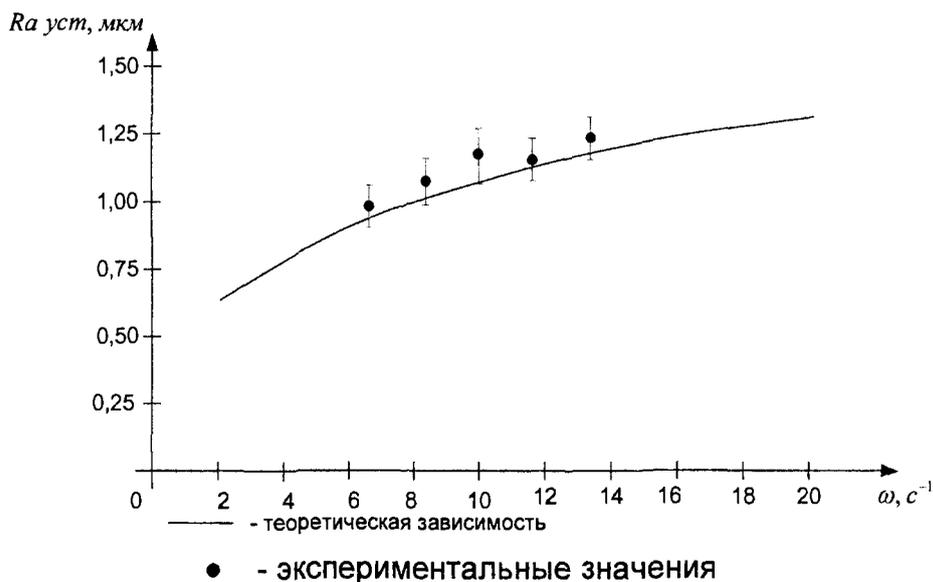
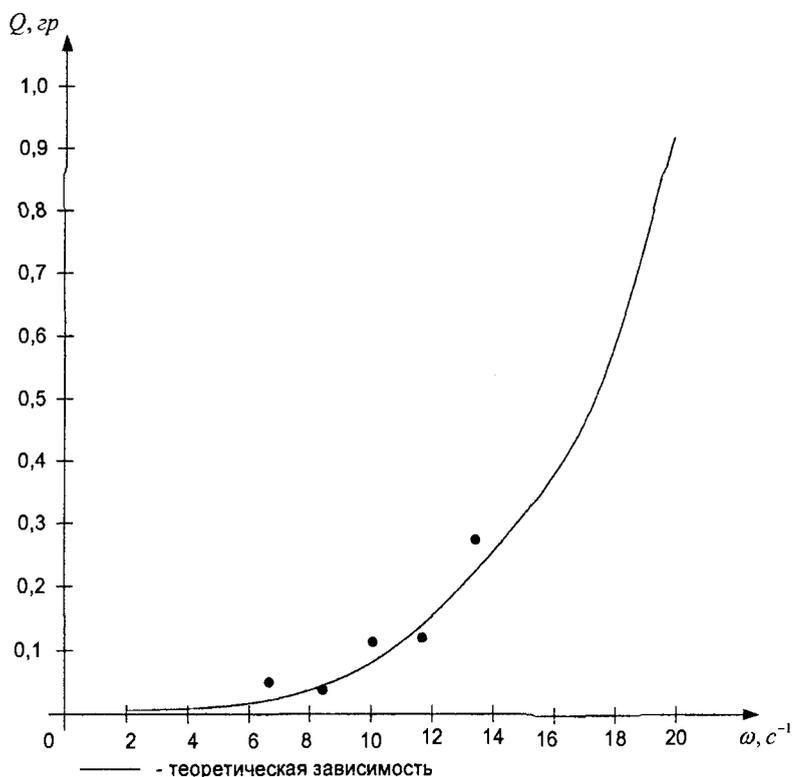


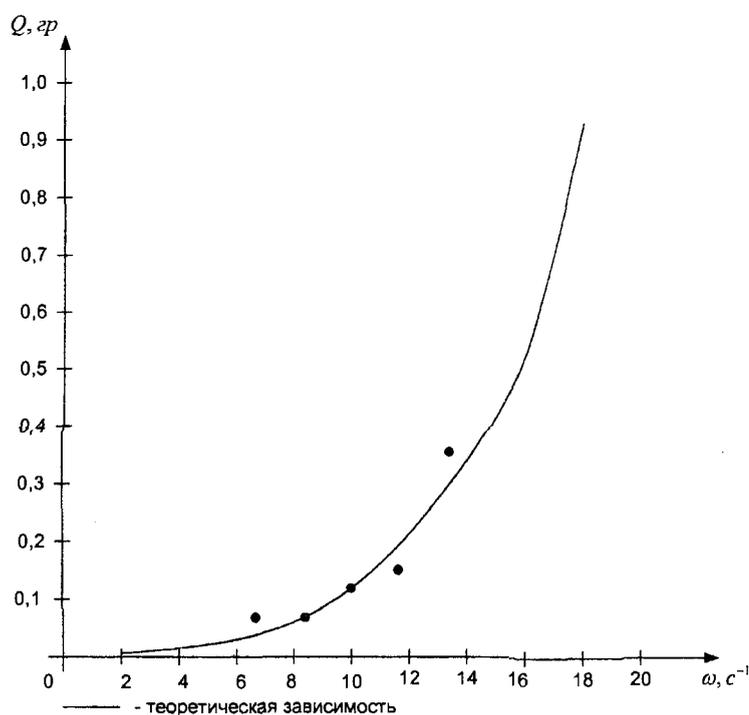
Рис.7. Зависимость установившейся шероховатости поверхности от частоты вращения ротора при использовании в качестве абразивной среды призм трехгранных ПТ 15x15, объем загрузки - $1,5 \text{ дм}^3$; материал образца - сталь 45

На рис. 8-10 приведены результаты исследований изменения съема металла от частоты вращения ротора при обработке в различных абразивных средах.



● - экспериментальные значения

Рис. 8. Зависимость съема металла с поверхности детали от частоты вращения ротора при использовании в качестве абразивной среды фарфоровых шаров, объем загрузки – $1,5 \text{ дм}^3$; материал детали - сталь ХВГ



● - экспериментальные значения

Рис. 9. Зависимость съема металла с поверхности детали от частоты вращения ротора при использовании в качестве абразивной среды призм трехгранных ПТ 25x25, объем загрузки – $1,5 \text{ дм}^3$; материал детали - сталь 45

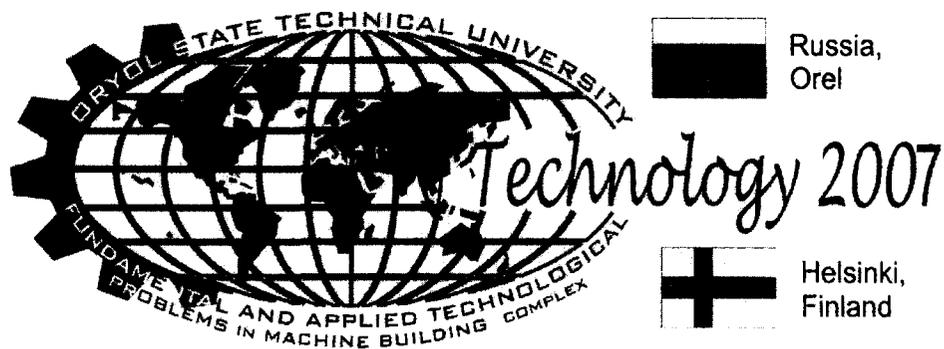
Произведено сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований. Установлено, что расхождение не превышает 20%.

Создан банк данных коэффициентов k_z^{Ra} и k_z^O .

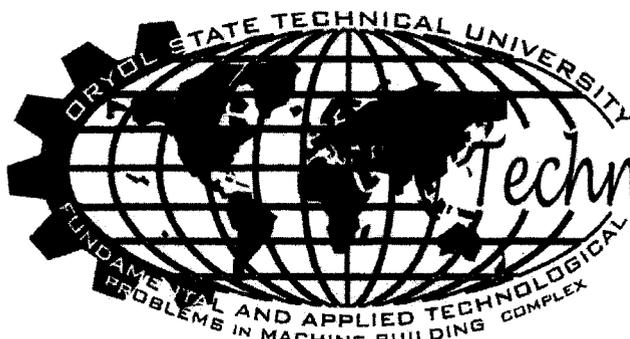
По результатам теоретических и экспериментальных исследований даны технологические рекомендации по повышению эффективности процесса ЦРО. Разработана программа для расчета среднего арифметического отклонения профиля шероховатости обработанной поверхности и съема металла при различных режимах обработки с использованием различных технологических сред. По результатам расчетов производится корректировка выбранных режимов. Даны рекомендации по выбору времени обработки при решении различных технологических задач. Разработана методика оптимизации технологических параметров процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трилисский В.О. и др. Объемная центробежно-ротационная обработка деталей / НИИмаш, М., 1983. - 53с.
2. Трилисский В.О. Повышение эффективности отделочно-зачистных операций путем создания теории оборудования и технологии объемной центробежно-ротационной обработки деталей: Автореф. дис. ...д-ра техн. наук: 05.02.08. - М., 1992. - 37с.
3. Королёв А.В. Исследование процессов образования поверхностей инструмента и детали при абразивной обработке. – Саратов: Из-во Саратов. ун-та, 1975 – 191 с.



**ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ И
ИНСТРУМЕНТ
УПРОЧНЯЮЩЕЙ И ОТДЕЛОЧНОЙ
ОБРАБОТКИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**



Russia,
Orel

Technology 2007



Helsinki,
Finland

УДК 621.785.52, УДК 621.787.6

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФИНИШНОЙ ОТДЕЛКИ
ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС НА ОСНОВЕ СТАТИКО – ИМПУЛЬСНОЙ
ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ
ДЕФОРМИРОВАНИЕМ (СИО ППД)**

А. В. Киричек, д. т. н., проф., Д. Е. Тарасов, аспирант., Жирков А. А., к. т. н.
Орловский государственный технический университет
г. Орел, тел. (4862) 541503, fax (4862) 555524, E-mail: tde82@yandex.ru

Аннотация

Проблема повышения надежности деталей машин, а в частности зубчатых колес, остро стоит в машиностроении. Рассмотрение возможностей включения статико – импульсной обработки поверхностным пластическим деформированием в финишную отделку актуально на данный момент времени.

**PERSPECTIVE OPPORTUNITIES OF FINISHING FURNISH OF
COGWHEELS ON BASIS STATIC - PULSE PROCESSING BY
SUPERFICIAL PLASTIC DEFORMATION (SPP SPD)**

An. V. Kirichek, Prof., Dr., Dm. E. Tarasov, a post graduate student, Girkov A. A.
Oryol State Technical University
Oryol, tel. (4862) 541503, fax (4862) 555524, E-mail: tde82@yandex.ru

Annotation

The problem of increase of reliability of details of machines, and in particular cogwheels, sharply stands in mechanical engineering. Consideration of opportunities of inclusion static - impulse processing by superficial plastic deformation in finishing furnish actually at present time.

В машиностроительном комплексе остро стоит проблема повышения надежности деталей машин. Причина тому – постоянное увеличение

скоростей и удельных нагрузок при эксплуатации. К разряду таких деталей можно отнести зубчатые колеса, которые являются неотъемлемыми элементами большинства современных машин, испытывающие большие окружные скорости, удельные нагрузки и эксплуатационные температурные режимы.

Повышение надежности тяжело нагруженных зубчатых колес является комплексной проблемой. Ее решение осложняется тем, что работоспособность зубчатых колес определяется рядом критериев (выносливостью зубьев при изгибе, контактной выносливостью, стойкостью к заеданию, а также прочностью диафрагм, ступиц и других элементов конструкции колеса), лимитирующих надежность работы в зависимости от эксплуатационных, конструктивных и технологических факторов [3].

Целью любого технолога должны являться выбор или разработка оптимальных технологических процессов производства зубчатых колес, дающих благоприятную технологическую наследственность и возможность получения поверхностного слоя, с необходимыми эксплуатационными свойствами.

В практике изготовления высоконагруженных зубчатых колес для улучшения качества поверхностного слоя применяют химико – термическую обработку. Основными видами химико – термической обработки является цементация и цианирование. Изменяя химический состав поверхностного слоя, цементация (цианирование) в сочетании с термической обработкой формирует структуру поверхностного слоя и сердцевины, создает основной уровень упрочнения зубьев колес, определяющих их работоспособность. Наиболее актуальными при химико – термической обработке являются вопросы обеспечения диффузионного слоя с оптимальными параметрами, отвечающими наиболее высоким эксплуатационным свойствам зубчатых колес, и сокращения длительности процесса насыщения [3].

Практика и лабораторные опыты показывают, что в результате поверхностной пластической деформации (ППД) удается весьма существенно повысить сопротивление усталости деталей, подвергнутых предварительно химико - термической обработке [2].

Для комбинированного упрочнения зубьев цементованных колес наиболее широко используют обдувку сухой дробью или в смеси со смазывающе-охлаждающей жидкостью (СОЖ), обкатывание роликами или валками-шестернями.

Е. Т. Котиковой проведены испытания на предел выносливости цементованных крупномодульных ведущих зубчатых колес тягового двигателя тепловоза (модуль 10). Цементацию зубчатых колес, изготовленных из стали 18ХГТ, производили в твердом карбюризаторе при температуре 910° С с последующим высоким отпуском при температуре 650° С. После цементации зубчатые колеса подвергали закалке с охлаждением в масле и отпуску при температуре 150° С. В поверхностных слоях цементованных зубьев был выявлен троосто-мартенсит. Часть зубчатых

колес после цементации и закалки подвергали поверхностному наклепу на дробеструйной установке ДУ-1 по определенному режиму. Испытания зубьев зубчатых колес при знакопостоянном изгибе осуществляли на гидравлическом пульсаторе с частотой 460 циклов в минуту на базе 10^6 циклов. Результаты испытаний зубьев, подвергнутых цементации и цементации с последующим дробеструйным наклепом, показали пределы выносливости соответственно 26 и 42 кгс/мм², т. е. повышение выносливости на 62%.

Внедрение дробеструйной обработки позволило унифицировать детали и применить зубчатые колеса на легковых автомобилях повышенной мощности, обеспечив при этом надежность их в эксплуатации. Двукратное повышение долговечности вследствие дробеструйного наклепа цементованных зубчатых колес (модуль 2,75) наблюдалось у мотоцикла ИЖ-49. Зубчатые колеса мотоцикла в серийном производстве изготавливаются из стали 12ХН4А и имеют после цементации и закалки с отпуском твердость *HRC* 60—52. Обработку зубчатых колес производят на дробеструйной установке типа ДУ-1 стальной дробью диаметром 0,9—1,0 мм в течение 10—14 мин. Двукратное повышение срока службы зубчатых колес после дробеструйного наклепа было установлено при испытании зубьев на переменный изгиб по знакопостоянному циклу с коэффициентом асимметрии 0,5 при максимальном изгибающем напряжении 53 кгс/мм². Положительное влияние цементации с последующим поверхностным наклепом было отмечено также в ряде других исследований [2].

Положительный эффект от поверхностного наклепа цианированных зубчатых колес коробок передач легковых автомобилей ГАЗ отмечает Д. А. Свешников. Зубчатые колеса из стали 40Х по существующей на заводе технологии подвергали цианированию на глубину около 0,2 мм с твердостью у поверхности *HRC* 48—56. В эксплуатации наблюдались случаи усталостного разрушения зубьев на коробках передач автомобилей повышенной мощности. Проведенным на заводе исследованием было установлено, что наклеп дробью почти в 2 раза повышает предел выносливости цианированных зубьев при пульсирующем изгибе. Наклеп дробью зубчатых колес не вызвал потери их статической прочности, не ухудшил шумовых качеств коробки передач, не изменил сопротивления контактному выкрашиванию и не вызвал существенных изменений их размеров [2].

Зачастую, технологический процесс цементации поверхностного слоя предполагает не только наличие последующей термической обработки, но и шлифования. Шлифование может вызвать в тонких поверхностных слоях детали значительные остаточные растягивающие напряжения. Применение после шлифования обкатки роликами цементованных образцов резко улучшает распределение остаточных напряжений и повышает предел выносливости.

Шлифовальная операция цементованных зубчатых колес не обеспечивает высоких требований, предъявляемых к качеству

поверхностного слоя зубьев. Значительно снижая шероховатость поверхности, шлифование между тем формирует микронеровности, профиль которых характеризуется острыми вершинами и впадинами с малым радиусом закругления, которые служат концентраторами напряжения и определяют небольшую величину опорной поверхности.

Существенно влияние на качество поверхностного слоя локальных участков с неоднородной структурой, образующихся из-за теплового воздействия в зоне резания. Необходимо учитывать, что разработанный комплекс мероприятий по устранению шлифовочных прижогов полностью не исключает их образования. Возможны отклонения в режимах резания, колебания припуска на различных зубьях, некачественная правка шлифовальных кругов, вибрации и другие, в том числе случайные причины, способные вызвать снижение качества поверхности отдельных зубьев. Вместе с тем применяемые методы выявления прижогов недостаточно эффективны, поэтому дефекты шлифования могут наследоваться готовым изделием, что вызовет снижение ресурса работы зубчатой передачи.

Для повышения надежности работы шлифованных зубчатых колес нужны дополнительные технологические операции, исключающие воздействие отрицательных факторов технологической наследственности. К таким операциям относится поверхностное пластическое деформирование [3].

На основании проведенных исследований и практического опыта можно заключить, что в результате химико-термической обработки (цементации и цианирования) предел выносливости деталей значительно повышается. Это особенно характерно для деталей с концентраторами напряжений. Наибольшее практическое применение поверхностный наклеп нашел для цементованных зубчатых колес, где в результате этой операции несущая способность повышалась в 2 раза, а долговечность в несколько раз [2].

Цементация (цианирование) – это процесс диффузионного насыщения поверхности стали углеродом. Можно отметить, что ППД способствует диффузии, протекающей в металлах и сплавах [1]. Использование ППД перед ХТО интенсифицирует диффузионные процессы и позволяет достигнуть более высоких значений концентрации углерода в диффузионной зоне [4].

Разработан новый способ обработки ППД - статико-импульсная обработка (СИО), отличающийся более широкими возможностями варьирования глубиной и степенью упрочнения обрабатываемого материала (патенты РФ № 2090342 и 2098259) [4].

Принимая во внимание приведенную информацию, можно сделать предположение о том, что включение в технологическую цепь по производству крупномодульных ответственных зубчатых колес СИО ППД вместо ППД позволит увеличить сопротивление усталости и создать благоприятное распределение остаточных напряжений.

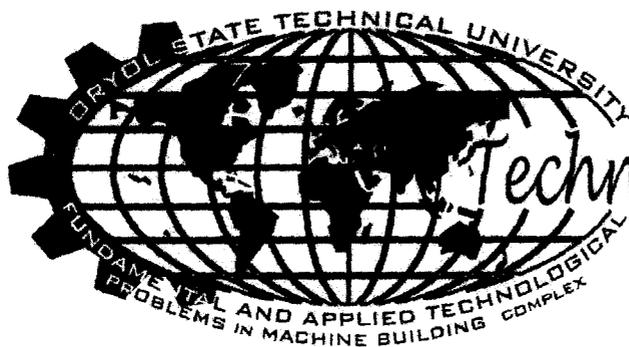
Список использованных источников

1. Безъязычный В. Ф., Драпкин Б. М., Тимофеев М. А. Проблемные вопросы упрочнения поверхностных слоев металлов и сплавов при пластической деформации и представление о наклепе // Упрочняющие технологии и покрытия. 2005, № 1. С. 3-6.

2. Елизаветин М. А. Повышение надежности машин. Изд. 2 – е переработ. и доп. М., «Машиностроение», 1973, 430 с.

3. Повышение надежности тяжело нагруженных зубчатых передач / М. Д. Генкин, М. А. Рыжов, Н. М. Рыжов. – М.: Машиностроение, 1981. – 232 с., ил.

4. Соловьев Д. Л., Поляков А. В., Голенцова А. В. Технологические возможности статико - импульсной обработки в создании износостойкого поверхностного слоя // Труды международного научного симпозиума «Гидродинамическая теория смазки - 120 лет». Т. 2. Орел.: Орел ГТУ, 2006. С. 233-238.



Russia,
Orel



Helsinki,
Finland

Technology 2007

УДК 621.9.048

ГАЛЬВАНО-МЕХАНИЧЕСКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ШЕЕК КРУПНОГАБАРИТНЫХ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

Ю.Р. Копылов, д.т.н., проф.

Воронежский государственный технический университет
Воронеж, тел. (4732) 930929, факс. (4732) 702720, E-mail: urkopulov@mail.ru

Аннотация

Представлены некоторые результаты анализа состояния проблемы, описание устройства и некоторые предварительные результаты исследования гальвано-механического восстановления железением шеек крупногабаритных коленчатых валов

ELECTROPLATE - MECHANICAL RESTORATION PIN LARGE-SIZED CRANKED SHAFT

U.R. Kopylov, d.t.s., professor.

The Voronezh state technical university
Voronezh, ph. (4732) 930929, a fax. (4732) 702720, à-mail: urkopulov@mail.ru

Annotation

Some results of the analysis of a condition of a problem, the description of the device and some preliminary results of research of electroplate-mechanical restoration dry topping pin large-sized cranked shaft are submitted

В машиностроительном ремонтном производстве возникают проблемы восстановления шеек коленчатых валов дизелей локомотивов и судов мощностью 2-3 тыс. кВт и более. Стоимость крупногабаритного коленчатого вала составляет примерно 10-15% стоимости ремонта дизеля.

При первом капитальном ремонте дизелей 1А-5Д-49 75% изношенных коленчатых валов (из стали 38ХНЗМА, длиной 3600 мм) среднестатистический износ шеек (диаметром 190-210 мм) составляет 0,6-0,7 мм на сторону, при радиальном биении шеек - до 0,4 мм, 15% валов - имеют износ 1,5-1,9 мм; 10% - имеют неустраняемые усталостные разрушения. Исходная толщина азотированного слоя не менее 0,65 мм. Поэтому размеры шеек могут быть восстановлены у шести-семи валов из десяти при наращивании металла толщиной 1,0-1,5 мм на сторону без теплового воздействия и без коробления вала, при минимальном припуске для чистового и тонкого шлифования по шестому качеству точности и Ra 0,16 мкм.

Детонационного напыления с тепловым воздействием и последующим шлифованием шеек, как показала практика [1], не обеспечивает требуемой прочности сцепления покрытия с шейкой, вызывает значительное коробление вала и поэтому большие припуски на шлифование. Возникающие при этом растягивающие остаточные напряжения, снижают усталостную прочность и долговечность вала и остаточный ресурс эксплуатации двигателя.

Перешлифовка шеек вала на меньший размер с использованием новых вкладышей также неэффективна, поскольку в процессе шлифования валов убирается упроченный азотированный слой, с исходной толщиной 0,7-1,5 мм, примерно равный величине износа шеек [2].

В последнее десятилетие ведутся поисковые исследовательские работы по восстановлению шеек крупногабаритных коленчатых валов методом электролитического железнения (осталивания) с механическим воздействием при температурах 30-60°C [3]. Учитывая большие размеры коленчатых валов (длина более 3000 мм) при разработке способа и устройства для его осуществления была поставлена задача - создать нестационарное устройство проточного типа для качественного гальвано-механического восстановления, без снижения остаточного ресурса.

На рис. 1 представлена схема устройства для гальвано-механического восстановления, которое устанавливается на восстанавливаемой шейке между щечками вала. Устройство содержит узел для подвода электролита, выполненный в виде разъемного из двух половин 1 и 2 контейнера, посадочный диаметр которого соответствует диаметру ю подлежащей обработке шейки вала. Внутри контейнера смонтирован анод, состоящий из двух пустотелых для их охлаждения частей 3 и 4. При определенных условиях количество частей может быть более двух, например три или четыре. Части 3 и 4 выполнены из условия эквидистантности подлежащей обработке шейки вала с учетом зазора.

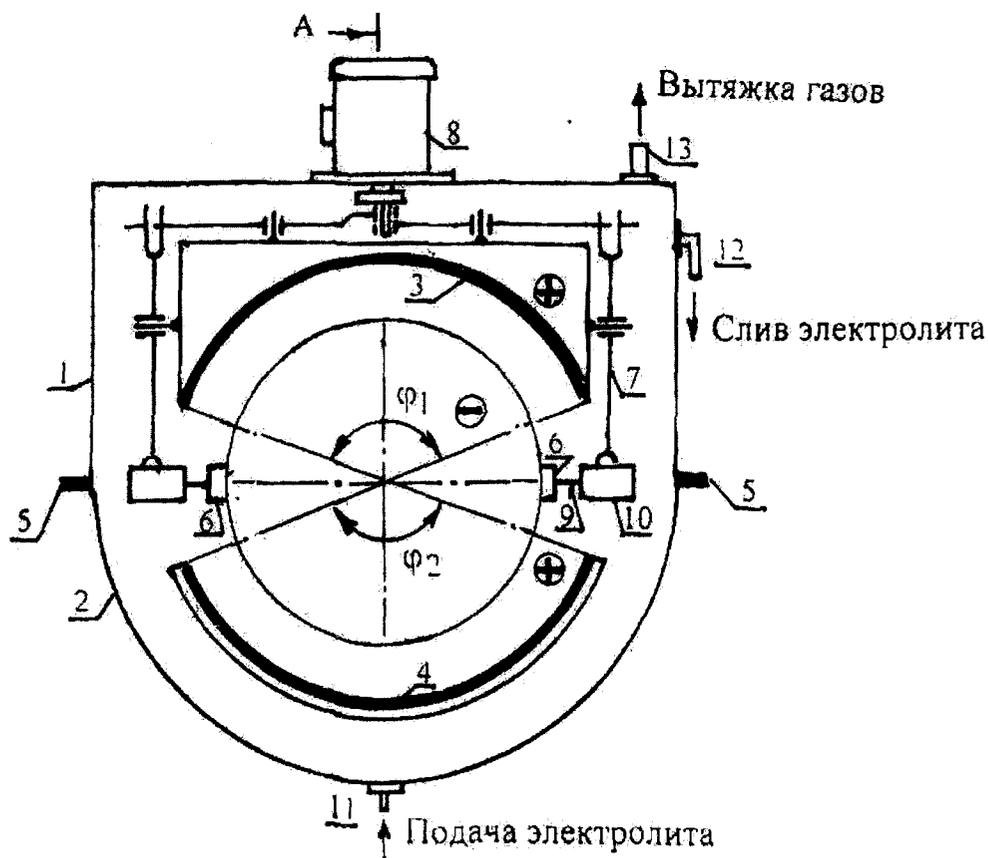


Рис. 1. Схема устройства для гальвано-механического восстановления шеек коленчатого вала

Герметизация половин контейнера 2 и 3 обеспечивается эластичным уплотнением 5. Между частями анода 3 и 4 размещен инструмент 6, обеспечивающий удаление окислов и солей. Инструмент 6 связан тягой 7 с приводом 8 его возвратно-поступательного перемещения вдоль продольной оси восстанавливаемой поверхности шейки вала и контейнера, а тягой 9 – с приводом 10 - в радиальном направлении. В нижней половине 2 контейнера предусмотрен штуцер 11 для подачи электролита, а в верхней половине 3 контейнера - штуцер 12 для слива электролита и штуцер 13 для удаления образующегося в процессе электролиза газов, в частности водорода.

Первоначально процесс ведут при режимах, обеспечивающих максимальное образования центров кристаллизации. После замедления роста образования центров кристаллизации, об этом можно судить по асимптотическому характеру замедления падения напряжения, обеспечивают проточность электролита, устанавливают первоначальное давление инструмента на восстанавливаемую поверхность с усилием не менее прочности сцепления окисной пленки и осуществляют вращение вала и перемещение инструмента с частотой, определяемой из условия не кратности частоты вращения вала.

Процесс нанесения покрытия на шейки вала предлагаемым устройством осуществляют следующим образом. На каждой половине 1 и 2 разъемного

контейнера монтируют части анода 3 и 4 с зазором относительно обрабатываемой поверхности. Между частями 3 и 4 устанавливают инструмент 6 и проводят сборку контейнера. Через штуцер 11 осуществляют подачу электролита. На катод и анод подают напряжение. Тягами 8 и 9 осуществляют давление прижатия инструмента 6 и перемещение его вдоль продольной оси шейки. После окончания процесса через штуцер 12 удаляют электролит, осуществляют промывку и пассивацию шейки и производят разборку контейнера 2.

Способ гальваномеханического восстановления токопроводящих деталей, преимущественно крупногабаритных коленчатых валов, включающий одновременную механическую обработку покрытия в процессе его осаждения и вращения детали, отличающийся тем, что процесс ведут в замкнутой относительно обрабатываемой поверхности емкости, заполненной электролитом, на первом этапе в режиме непроточности электролита до асимптотического замедления падения напряжения с последующим включением проточности и созданием усилия на инструмент для пластического деформирования с давлением не менее прочности сцепления осадка с деталью при возвратно-поступательном перемещении инструмента с частотой, некратной частоте вращения детали.

Устройство для гальваномеханического восстановления токопроводящих деталей, преимущественно крупногабаритных коленчатых валов, содержащее узел для подвода электролита, анод и инструмент для пластического деформирования поверхности детали, отличающееся тем, что узел подвода электролита выполнен с возможностью герметичного охвата шейки вала разъемного контейнера, внутри которого смонтирован анод, состоящий из нескольких частей, каждая из которых выполнена из условия эквидистантности относительно шейки вала, а инструмент для пластического деформирования размещен между указанными частями и связан с приводами его возвратно-поступательного перемещения вдоль продольной оси разъемного контейнера и в радиальном направлении.

Ниже приводятся некоторые результаты предварительной экспериментальной отработки технологии гальвано-механического железнения цилиндрических образцов из стали Ст. 3 диаметром 12 мм, длиной восстанавливаемой масти 100 мм. Использовался электролит на основе хлористого железа следующего состава: хлористое железо – 350 г/л; йодистый калий 4 г/л; серная кислота – 1 мл/л; соляная кислота 0,8 г/л - с уточнением по кислотности $pH=1,0$ и постоянным его поддержанием [2]. Плотностью тока $I_K=80$ А/дм² и большей частотой продольных перемещений инструмента $n=63$ дв. х./мин. Толщина $h_{сл}$ растет в течении $\tau=120$ мин восстановления до 1,8 мм (рис. 3), соответственно растет диаметр образца $d_{обр}$. Температура электролита в начальные $\tau=20$ мин остается постоянной $T_э=25^\circ C$, в последующем – растет. Ток в цепи питания незначительно растет в пределах $I_{цп}=19,3...22,5$ А; напряжение

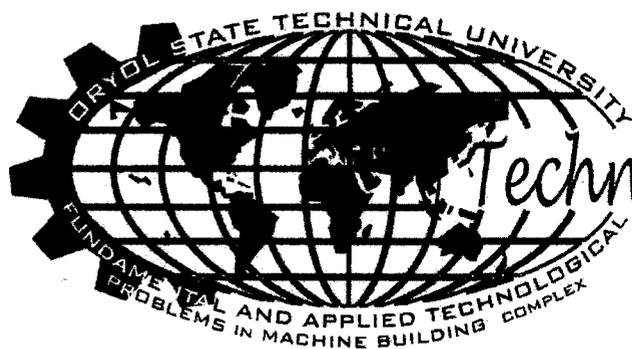
$U_{\text{цп}}$ слабо падает с 35 до 27,4 В до $\tau=90$ мин пропорционально времени, далее остается постоянным. Выход по току составляет $\eta = 83,92\%$. Шероховатость восстановленной поверхности без последующей механической обработки составляла Ra 0,77-1,14 мкм. Микротвердость восстановленной поверхности HV 682-765. Разброс параметров твердости связан, главным образом, с неудобством измерений микротвердости на образце диаметром 12 мм.

Для создания мелкозернистой структуры и прочности сцепления в начале восстановление ведется без проточности электролита и отсутствия давления на инструмент с вращением детали. На этом этапе происходит зарождение центров кристаллизации, которое сопровождается падением напряжения. Впоследствии из-за образования окислов и наводораживания происходит замедление образования и рост кристаллов, асимптотическое замедление падения напряжения. В это время включается прокатка электролита, создается перемещение и усилие на инструмент с давлением не менее прочности сцепления окисной пленки с деталью для ее пластического деформирования, при возвратно-поступательном перемещении его с частотой, определяемой из условия неkratности частоте вращения детали.

Для размерного восстановления деталей малой толщины 0,1-0,4 мм с точностью до 0,001мм, которая обеспечивается за счет контроля расхода тока по ампер-час-метру, используются процессы электролитического натирания или «Далик-процесс» [4]. Первые сообщения о «Далик-процессе» в отечественной литературе были сделаны в 1956 году. Позже в 1962 году в журнале «Вестник машиностроения» и в 1967 году в журнале «Машиностроитель» появились сообщения из зарубежных журналов об электролитическом натирании. Первые отечественные исследования процесса электролитического натирания, для восстановления автотракторных деталей, были начаты на кафедре ремонта машин Ставропольского сельскохозяйственного института.

Литература

1. Гальваническое наращивание деталей машин железом. Мелков М.П. М.: Лесная промышленность, 1971. 136 с.
2. Копылов Ю.Р., Толчеев А.В. Оптимизация траектории выглаживания при гальвано-механическом восстановлении. Сборник материалов 2-ой Международной научно-технической конференции «Надежность и ремонт машин» Издательство ОрГТУ. Орел. 2005 г. С. 110-112.
3. Патент № 2296821 С1, МПК C25D 5/04, C25D 19/00. Способ гальвано-механического восстановления токопроводящих деталей и устройство для его осуществления. Ю.Р. Копылов., Д.Ю. Копылов
4. Dalic News «Electroplating and Metal-Finishing», pp. 1957 – 1970.



Russia,
Orel

Technology 2007



Helsinki,
Finland

УДК 621.785.52, УДК 621.787.6

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФИНИШНОЙ ОТДЕЛКИ
ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС НА ОСНОВЕ СТАТИКО – ИМПУЛЬСНОЙ
ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ
ДЕФОРМИРОВАНИЕМ (СИО ППД)**

А. В. Киричек, д. т. н., проф., Д. Е. Тарасов, аспирант., Жирков А. А., к. т. н.
Орловский государственный технический университет
г. Орел, тел. (4862) 541503, fax (4862) 555524, E-mail: tde82@yandex.ru

Аннотация

Проблема повышения надежности деталей машин, а в частности зубчатых колес, остро стоит в машиностроении. Рассмотрение возможностей включения статико – импульсной обработки поверхностным пластическим деформированием в финишную отделку актуально на данный момент времени.

**PERSPECTIVE OPPORTUNITIES OF FINISHING FURNISH OF
COGWHEELS ON BASIS СТАТИКО - PULSE PROCESSING BY
SUPERFICIAL PLASTIC DEFORMATION (СИО ППД)**

An. V. Kirichek, Prof., Dr., Dm. E. Tarasov, a post graduate student, Girkov A. A.
Oryol State Technical University
Oryol, tel. (4862) 541503, fax (4862) 555524, E-mail: tde82@yandex.ru

Annotation

The problem of increase of reliability of details of machines, and in particular cogwheels, sharply stands in mechanical engineering. Consideration of opportunities of inclusion statics - impulse processing by superficial plastic deformation in finishing furnish actually at present time.

В машиностроительном комплексе остро стоит проблема повышения надежности деталей машин. Причина тому – постоянное увеличение скоростей и удельных нагрузок при эксплуатации. К разряду таких деталей можно отнести зубчатые колеса, которые являются неотъемлемыми элементами большинства современных машин, испытывающие большие окружные скорости, удельные нагрузки и эксплуатационные температурные режимы.

Повышение надежности тяжелонагруженных зубчатых колес является комплексной проблемой. Ее решение осложняется тем, что работоспособность зубчатых колес определяется рядом критериев (выносливостью зубьев при изгибе, контактной выносливостью, стойкостью к заеданию, а также прочностью диафрагм, ступиц и других элементов конструкции колеса), лимитирующих надежность работы в зависимости от эксплуатационных, конструктивных и технологических факторов [3].

Целью любого технолога должны являться выбор или разработка оптимальных технологических процессов производства зубчатых колес, дающих благоприятную технологическую наследственность и возможность получения поверхностного слоя, с необходимыми эксплуатационными свойствами.

В практике изготовления высоконагруженных зубчатых колес для улучшения качества поверхностного слоя применяют химико – термическую обработку. Основными видами химико – термической обработки является цементация и цианирование. Изменяя химический состав поверхностного слоя, цементация (цианирование) в сочетании с термической обработкой формирует структуру поверхностного слоя и сердцевины, создает основной уровень упрочнения зубьев колес, определяющих их работоспособность. Наиболее актуальными при химико – термической обработке являются вопросы обеспечения диффузионного слоя с оптимальными параметрами, отвечающими наиболее высоким эксплуатационным свойствам зубчатых колес, и сокращения длительности процесса насыщения [3].

Практика и лабораторные опыты показывают, что в результате поверхностной пластической деформации (ППД) удается весьма существенно повысить сопротивление усталости деталей, подвергнутых предварительно химико - термической обработке [2].

Для комбинированного упрочнения зубьев цементованных колес наиболее широко используют обдувку сухой дробью или в смеси со смазывающе-охлаждающей жидкостью (СОЖ), обкатывание роликами или валками-шестернями.

Е. Т. Котиковой проведены испытания на предел выносливости цементованных крупномодульных ведущих зубчатых колес тягового двигателя тепловоза (модуль 10). Цементацию зубчатых колес, изготовленных из стали 18ХГТ, производили в твердом карбюризаторе при температуре 910° С с последующим высоким отпускком при температуре 650° С. После цементации зубчатые колеса подвергали закалке с охлаждением в

масле и отпуску при температуре 150°C . В поверхностных слоях цементованных зубьев был выявлен троосто-мартенсит. Часть зубчатых колес после цементации и закалки подвергали поверхностному наклепу на дробеструйной установке ДУ-1 по определенному режиму. Испытания зубьев зубчатых колес при знакопостоянном изгибе осуществляли на гидравлическом пульсаторе с частотой 460 циклов в минуту на базе 10^6 циклов. Результаты испытаний зубьев, подвергнутых цементации и цементации с последующим дробеструйным наклепом, показали пределы выносливости соответственно 26 и 42 кгс/мм^2 , т. е. повышение выносливости на 62%.

Внедрение дробеструйной обработки позволило унифицировать детали и применить зубчатые колеса на легковых автомобилях повышенной мощности, обеспечив при этом надежность их в эксплуатации. Двукратное повышение долговечности вследствие дробеструйного наклепа цементованных зубчатых колес (модуль 2,75) наблюдалось у мотоцикла ИЖ-49. Зубчатые колеса мотоцикла в серийном производстве изготавливаются из стали 12ХН4А и имеют после цементации и закалки с отпуском твердость $HRC\ 60\text{—}52$. Обработку зубчатых колес производят на дробеструйной установке типа ДУ-1 стальной дробью диаметром 0,9—1,0 мм в течение 10—14 мин. Двукратное повышение срока службы зубчатых колес после дробеструйного наклепа было установлено при испытании зубьев на переменный изгиб по знакопостоянному циклу с коэффициентом асимметрии 0,5 при максимальном изгибающем напряжении 53 кгс/мм^2 . Положительное влияние цементации с последующим поверхностным наклепом было отмечено также в ряде других исследований [2].

Положительный эффект от поверхностного наклепа цианированных зубчатых колес коробок передач легковых автомобилей ГАЗ отмечает Д. А. Свешников. Зубчатые колеса из стали 40Х по существующей на заводе технологии подвергали цианированию на глубину около 0,2 мм с твердостью у поверхности $HRC\ 48\text{—}56$. В эксплуатации наблюдались случаи усталостного разрушения зубьев на коробках передач автомобилей повышенной мощности. Проведенным на заводе исследованием было установлено, что наклеп дробью почти в 2 раза повышает предел выносливости цианированных зубьев при пульсирующем изгибе. Наклеп дробью зубчатых колес не вызвал потери их статической прочности, не ухудшил шумовых качеств коробки передач, не изменил сопротивления контактному выкрашиванию и не вызвал существенных изменений их размеров [2].

Зачастую, технологический процесс цементации поверхностного слоя предполагает не только наличие последующей термической обработки, но и шлифования. Шлифование может вызвать в тонких поверхностных слоях детали значительные остаточные растягивающие напряжения. Применение после шлифования обкатки роликами цементованных образцов резко улучшает распределение остаточных напряжений и повышает предел выносливости.

Шлифовальная операция цементованных зубчатых колес не обеспечивает высоких требований, предъявляемых к качеству поверхностного слоя зубьев. Значительно снижая шероховатость поверхности, шлифование между тем формирует микронеровности, профиль которых характеризуется острыми вершинами и впадинами с малым радиусом закругления, которые служат концентраторами напряжения и определяют небольшую величину опорной поверхности.

Существенно влияние на качество поверхностного слоя локальных участков с неоднородной структурой, образующихся из-за теплового воздействия в зоне резания. Необходимо учитывать, что разработанный комплекс мероприятий по устранению шлифовочных прижогов полностью не исключает их образования. Возможны отклонения в режимах резания, колебания припуска на различных зубьях, некачественная правка шлифовальных кругов, вибрации и другие, в том числе случайные причины, способные вызвать снижение качества поверхности отдельных зубьев. Вместе с тем применяемые методы выявления прижогов недостаточно эффективны, поэтому дефекты шлифования могут наследоваться готовым изделием, что вызовет снижение ресурса работы зубчатой передачи.

Для повышения надежности работы шлифованных зубчатых колес нужны дополнительные технологические операции, исключающие воздействие отрицательных факторов технологической наследственности. К таким операциям относится поверхностное пластическое деформирование [3].

На основании проведенных исследований и практического опыта можно заключить, что в результате химико-термической обработки (цементации и цианирования) предел выносливости деталей значительно повышается. Это особенно характерно для деталей с концентраторами напряжений. Наибольшее практическое применение поверхностный наклеп нашел для цементованных зубчатых колес, где в результате этой операции несущая способность повышалась в 2 раза, а долговечность в несколько раз [2].

Цементация (цианирование) – это процесс диффузионного насыщения поверхности стали углеродом. Можно отметить, что ППД способствует диффузии, протекающей в металлах и сплавах [1]. Использование ППД перед ХТО интенсифицирует диффузионные процессы и позволяет достигнуть более высоких значений концентрации углерода в диффузионной зоне [4].

Разработан новый способ обработки ППД - статико-импульсная обработка (СИО), отличающийся более широкими возможностями варьирования глубиной и степенью упрочнения обрабатываемого материала (патенты РФ № 2090342 и 2098259) [4].

Принимая во внимание приведенную информацию, можно сделать предположение о том, что включение в технологическую цепь по производству крупномодульных ответственных зубчатых колес СИО ППД

вместо ППД позволит увеличить сопротивление усталости и создать благоприятное распределение остаточных напряжений.

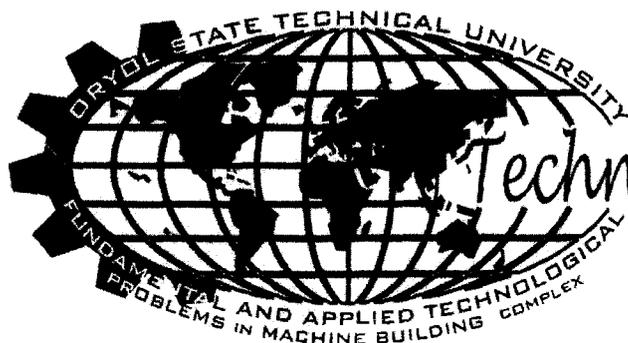
Список использованных источников

1. Безъязычный В. Ф., Драпкин Б. М., Тимофеев М. А. Проблемные вопросы упрочнения поверхностных слоев металлов и сплавов при пластической деформации и представление о наклепе // Упрочняющие технологии и покрытия. 2005, № 1. С. 3-6.

2. Елизаветин М. А. Повышение надежности машин. Изд. 2 – е переработ. и доп. М., «Машиностроение», 1973, 430 с.

3. Повышение надежности тяжело нагруженных зубчатых передач / М. Д. Генкин, М. А. Рыжов, Н. М. Рыжов. – М.: Машиностроение, 1981. – 232 с., ил.

4. Соловьев Д. Л., Поляков А. В., Голенцова А. В. Технологические возможности статико - импульсной обработки в создании износостойкого поверхностного слоя // Труды международного научного симпозиума «Гидродинамическая теория смазки - 120 лет». Т. 2. Орел.: Орел ГТУ, 2006. С. 233-238.



Russia,
Orel



Helsinki,
Finland

Technology 2007

УДК 629.114.401

ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СФЕРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ШАРОВОГО ПАЛЬЦА ГАЗОПЛАМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

В.Н. Хромов, д.т.н, профессор, зав.кафедрой; Д.Н. Храпоничев, аспирант;
С.А. Зайцев, ст. преподаватель

ФГОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»,
г. Орел, Россия, тел.: (4862) 431979; факс: (4862) 454079; E-mail:
chrom@orel.ru

Аннотация

Статья описывает условия восстановления сферической поверхности шарового пальца: перпендикулярность пламени относительно напыляемой поверхности и равномерное перемещение горелки в горизонтальной плоскости с установленной дистанцией напыления.

THE TECHNOLOGY OF RESTORATION OF THE SPHERICAL SURFACE OF THE ROLL PIN BY GAS-FLAME COATING

V.N. Khromov, Prof., Dr., Head of the Chair; D.N. Khraponichev, Post-graduate Student; S.A. Zaytzev, Senior Lecturer
Orel State Agrarian University,
Orel, Russia, tel.: (4862) 431979; факс: (4862) 454079; E-mail:
chrom@orel.ru

Annotation

The article describes the conditions of restoration of the spherical surface of the roll pin: flame perpendicularity forwards the sprayed surface and even burner transfer in the horizontal section with the set spraying distance.

Чтобы обеспечить качественное и безопасное маневрирование автомобиля необходимо иметь исправную систему рулевого управления. От

технического состояния механизмов управления во многом зависит безаварийная и безопасная работа автомобильного транспорта, а также многие, в том числе и эксплуатационные показатели (маневренность, средняя скорость движения, легкость управления, расход топлива), которые характеризуют степень совершенства использования данного автомобиля.

Важнейшим элементом рулевого управления является шаровой палец, сферическая поверхность которого в процессе эксплуатации изнашивается до предельной величины [1], в результате чего он подвергается выбраковке. Можно пойти двумя путями: один предусматривает замену изношенной детали на новую запасную часть, второй – восстановление изношенной детали до первоначальных размеров и улучшение ее физико-механических свойств. Необходимо отметить, что второй вариант более предпочтителен. Восстановление деталей, как правило, исключает экологически разрушительный энергоемкий металлургический цикл производства и дает значительную экономию денежных средств за счет более низкой стоимости по сравнению со стоимостью новой детали. В данном случае наиболее рациональным способом восстановления геометрической формы и повышения износостойкости является газопламенное напыление. Однако его применение осложняется криволинейностью профиля восстанавливаемой детали, в частности трудностью равномерного перемещения горелки относительно сферической поверхности шарового пальца с соблюдением угла атаки и дистанции напыления.

Значительное влияние на формирование покрытия при газопламенном напылении оказывает угол атаки, т.е. угол между направлением напыления и поверхностью основного материала (таблица 1). По мере уменьшения угла напыления возрастает пористость покрытий, уменьшается коэффициент использования напыляемого материала, снижается уровень плотности покрытия и прочности сцепления покрытия с основным материалом [2]. Т.е. наилучшие характеристики покрытия получают при перпендикулярном направлении пламени горелки относительно напыляемой поверхности.

Таблица 1 – Влияние угла напыления на пористость покрытия, прочность сцепления и коэффициент использования напыляемого материала

Показатели	Угол наклона, град.		
	90	45	30
Пористость покрытия, %	12	14	17
Коэффициент использования напыляемого материала, %	80	74	69
Шероховатость поверхности	мелкая	средняя	крупная
Прочность сцепления покрытия с основным материалом, МПа	16,67	13,729	12,748

Примечание: данные в таблице представлены для покрытия из углеродистой стали, полученного газопламенным напылением проволоки при разных углах напыления.

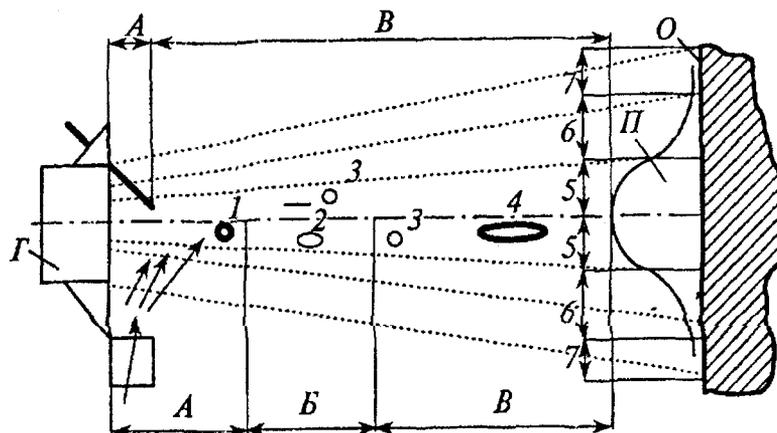


Рис. 1. Схема процессов газотермического напыления для проволочных (верхняя часть рисунка) и порошковых материалов: А - область нагрева исходного материала до начала плавления; Б - область нагрева до полного плавления; В - область движения частиц материала в расплавленном состоянии (возможны перегрев, испарение); Г - распылительная газотермическая головка (горелка); О - основа; П - покрытие; 1 - твердая частица порошка; 2 - частица, расплавленная не полностью; 3 - расплавленная частица (капля); 4 - испаряющаяся (перегреваемая) капля (частица); 5 - центральное пятно; 6, 7 - среднее и периферийное кольца пятна напыления.

Наиболее интенсивное напыление происходит по центру потока, где сосредотачиваются самые крупные фракции наименее окисленных распыленных частиц [3].

Основная масса напыляемого материала поступает по центру потока (рисунок 1 пятно 5), где достигаются наилучшее сцепление с основой, минимальная пористость и окисление частиц. В наружной части факела (кольцо 7) материал напыляется с минимальной скоростью, при этом образуется окисленный слой частиц с высокой пористостью и плохим сцеплением с подложкой. Т. е. горелку необходимо постоянно перемещать относительно напыляемой поверхности.

Оптимальное расстояние от среза сопла горелки до поверхности напыления обычно не выходит за пределы 75 — 250 мм. При малой дистанции напыления создается опасность деформации основного металла под влиянием термических напряжений; когда же расстояние слишком большое, температура и скорость напыляемых частиц снижается, что приводит к образованию рыхлого покрытия и уменьшению прочности сцепления с основой. В конечном счете может произойти отслоение покрытия от основы [4].

Следовательно, при восстановлении сферической поверхности шарового пальца необходимо обеспечить условия: перпендикулярность пламени относительно напыляемой поверхности и равномерное перемещение

в горизонтальной плоскости горелки S (рисунок 2) с соблюдением фиксированной дистанции напыления H .

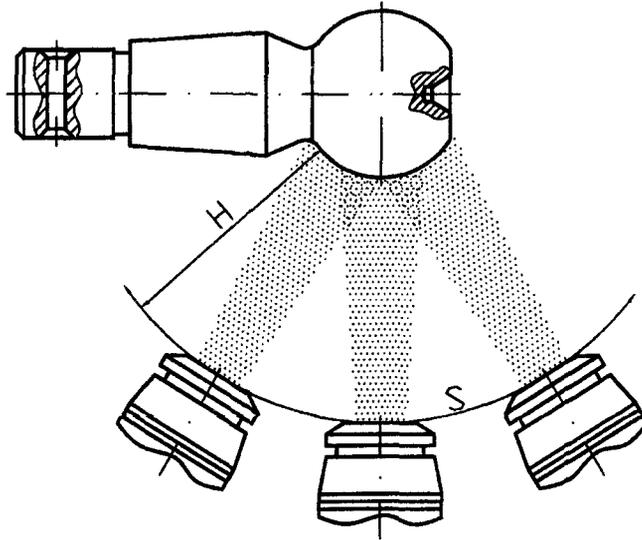


Рис. 2. Схема газопламенного напыления шарового пальца порошковым материалом:
 H - дистанция напыления; S - перемещение горелки в горизонтальной плоскости.

Выполнение этой задачи можно добиться путем копирования сферы шарового пальца горелкой, расположенной на неизменном расстоянии напыления и зафиксированной от перемещения в вертикальном направлении. Применением разработанного нами устройства для газотермического напыления покрытий на тела вращения (рисунок 3,4) возможно обеспечить необходимые условия для выполнения поставленной задачи.

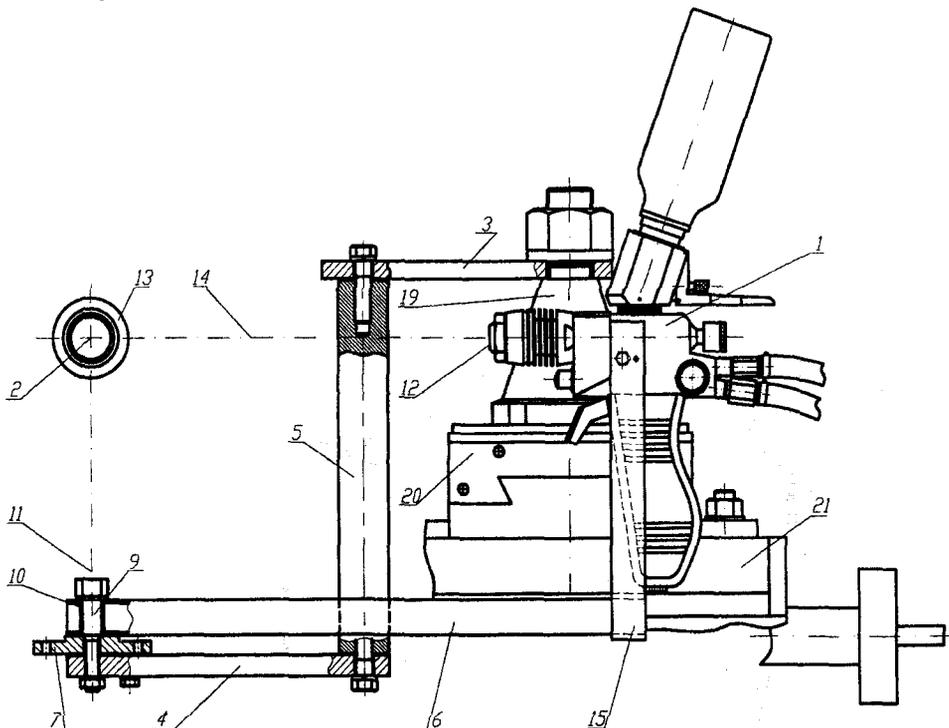


Рис. 3 – Устройство для газотермического напыления на тела вращения (вид спереди)

Устройство для напыления сферических поверхностей шаровых пальцев содержит распылитель 1 (рисунок 3), механизм для возвратно-поступательного перемещения распылителя 1 вдоль оси 2, состоящий из рычагов 3, 4 соединенных между собой стойкой 5, на свободном конце рычага 4 смонтирован механизм азимутального перемещения распылителя в горизонтальной плоскости на шарнире, включающий брус 6 и диск 7 с упорами 8. Шарнир состоит из оси 9 и втулки 10. Ось 11 шарнира проходит через ось 2, а расстояние от среза 12 сопла до пересечения осей 11 и 2 равно сумме дистанции напыления H и радиуса сферической поверхности R шарового пальца 13. Кроме того, распылитель 1 снабжен механизмом для перемещения вдоль его продольной оси 14, с помощью которого осуществляется установка дистанции напыления H , состоящим из пластины 15 и винта 16. На брус 6 нанесена линейка с миллиметровыми делениями. Отсчет ведется от оси 11 до среза 12 сопла распылителя. Для увеличения прочности крепления планки 15 вдоль бруса 6 выполнена треугольная прорезь под вершину винта 16, который закрепляет пластину 15 на брус 6.

Способ напыления осуществляется следующим образом. Деталь устанавливают на токарный станок 16К20. При помощи рычага 3 приспособление крепят на конусе 19 резцедержателя станка. Перемещением резцовой каретки 20 и поперечных салазок 21 обеспечивают прохождение оси 11 через центр сферической поверхности и ось 2. Пластиной 15 и винтом 16 устанавливают дистанцию напыления H , учитывая радиус сферической поверхности R шарового пальца 13. Задают вращение восстанавливаемой детали. Включают распылитель 1 и, придерживая за рукоятку, перемещают его в горизонтальной плоскости перпендикулярно к образующей (S), повторяя контур сферической поверхности.

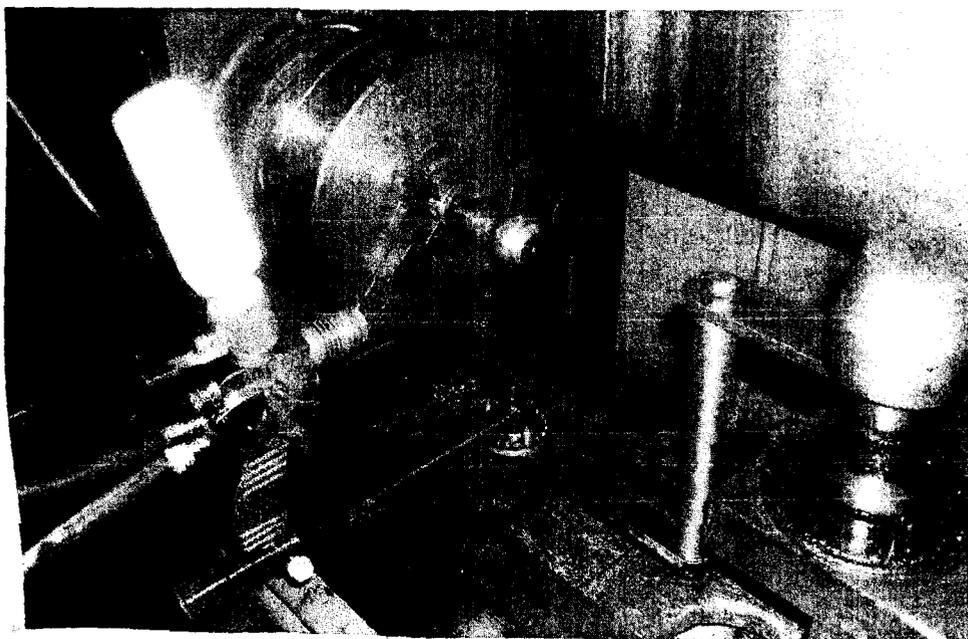
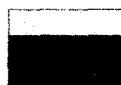
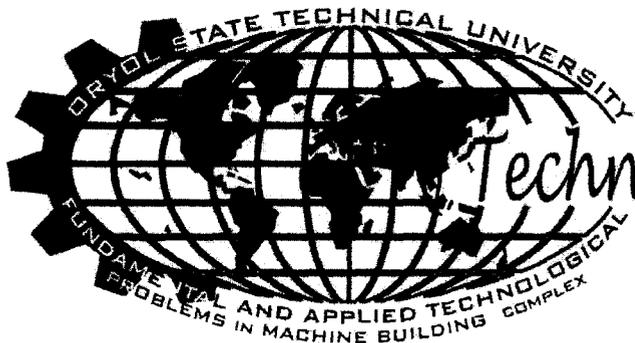


Рис. 4 - Устройство для газотермического напыления на тела вращения установленное на станке 16K20

Выводы: для формирования равномерного и качественного покрытия на сферической поверхности шарового пальца необходимо обеспечить равномерное перемещение горелки, расположенной перпендикулярно сфере, в горизонтальной плоскости (при неизменном положении в вертикальной плоскости), на заданном расстоянии напыления.

Список литературы:

1. Храпоничев Д.Н. Газопламенное напыление с использованием водородно-кислородного пламени как метод восстановления шарового пальца наконечника рулевой тяги трактора типа МТЗ. Надежность и ремонт машин: Сборник материалов 2-ой Международной научно-технической конференции. -Орел: Издательство ОрелГАУ, 2005. - 446с., с.301-304.
2. Хасуй А., Мorigаки О. Наплавка и напыление/ Пер. с яп. В. Н. Попова; Под ред. В. С. Степина, Н. Г. Шестеркина. – М.: Машиностроение, 1985 – 240с., с.148.
3. Карагодин В. И., Митрохин Н. Н. Ремонт автомобилей и двигателей: учеб. для студ. сред. спец. проф. учеб. заведений. – М.: Мастерство; Высшая школа, 2001 – 496 с., с. 202.
4. Хасуй А. Техника напыления. Пер. с японского. Под ред. В. С. Злохина, Е. В. Мельникова. – М.: Машиностроение, 1975 – 288с., с.51.



Russia,
Orel



Helsinki,
Finland

Technology 2007

УДК 681.142

**АДАПТАЦИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРИБОЭЛЕМЕНТОВ К
НЕСТАЦИОНАРНЫМ УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ОБРАБОТКОЙ ППД ПРОГРАММНЫМ СПОСОБОМ**

В. П. Фёдоров, М. Н. Нагоркин, Е. В. Ковалёва, Д. В. Чмыхов

Брянский государственный технический университет,

тел. (4832) 68-89-61, 58-82-20

Аннотация

В статье анализируется один из перспективных технологических приёмов адаптации поверхностей трибоэлементов к нестационарным условиям эксплуатации.

**ADAPTATION OF SURFACES TRIBO-ELEMENT
TO NON-STATIONARY CONDITIONS OF OPERATION
PROCESSING ППД BY THE PROGRAM WAY**

V.P.Fyodorov, M.N.Nagorkin, E.V.Kovalyova, D.V.Chmyhov

Bryansk State Technical University,

Ph. (4832) 68-89-61, 58-82-20

The summary

In clause(article) one of perspective technological receptions of adaptation of surfaces tribo-element to non-stationary conditions of operation is analyzed.

Соединения деталей машин, определяющие надёжность и эффективность работы изделия в целом, эксплуатируются, в основном, в двух режимах: стационарном и нестационарном. Стационарным режимам эксплуатации технических объектов свойственно постоянство внешних воздействий на поверхности контакта ($\bar{P} = \text{const}$). Однако в большинстве случаев имеют место нестационарные условия эксплуатации, характеризующиеся неравномерным распределением нагрузок, скоростей относительного скольжения и других возмущающих воздействий ($\bar{P} = \text{var}$) как по координатам X контактирующих поверхностей деталей, так и во

времени, то есть в пространственно-временной области. В таких случаях при изотропности параметров качества поверхностного слоя (КПС) будет иметь место анизотропность эксплуатационных свойств (ЭС) поверхности ($\overline{ЭС} = \text{var}$), проявляющаяся, например, в различных величинах триботехнических параметров и контактной жёсткости её отдельных локальных участков, потере ими требуемой герметичности и т. д. Это будет отрицательно сказываться на ЭС изделия в целом на определяющем этапе его жизненного цикла, связанного с потребителем.

На графовой модели формирования качества и эксплуатационных свойств поверхностей трибоэлементов (рис. 1) представлены в виде вершин состояния функциональных поверхностей трибоэлемента $S_0 \dots S_4$ для различных уровней жизненного цикла (I ... III) и дуги переходов U_{ij} из i -й вершины в j -ю, характеризующиеся видом функций от пространственной координаты X (например, длина плоской направляющей трения скольжения) и дополнительными параметрами, характеризующими множества условий обработки R , параметров КПС \overline{K} , условий эксплуатации \overline{P} (нагрузка, скорость относительного скольжения, температура, динамические факторы и др.). Вершины графа S_1 и S_3 соответствуют изотропности, а вершины S_2 и S_4 – анизотропности качества (S_1, S_2) и параметров эксплуатационных свойств (S_3, S_4) функциональных поверхностей трибоэлементов.

Как итог технологического обеспечения эксплуатационных свойств поверхностей деталей машин возможны две вершины графовой модели:

- S_3 – параметры эксплуатационных свойств не являются функцией от X и постоянны;
- S_4 – параметры эксплуатационных свойств являются функцией от X и переменны.

При требованиях потребителя к качеству продукции наиболее востребованным является состояние S_3 . В современных условиях производства оно может быть достигнуто в соответствии с логическим требованием

$$S_3 = (U_{01} \wedge U_{13}) \vee (U_{02} \wedge U_{23}). \quad (1)$$

Традиционным до недавнего времени являлся следующий путь эволюции исходного состояния поверхности S_0 , которое постулируется стабильно изотропным, до эксплуатационного состояния S_3 :

$$\textcircled{S_0} \xrightarrow{U_{01}} \textcircled{S_1} \xrightarrow{U_{13}} \textcircled{S_3}. \quad (2)$$

Однако на практике имеют место ситуации, когда условия эксплуатации \overline{P} соединения трибоэлементов являются нестационарными. В этом случае функциональные поверхности со стационарными параметрами качества $\overline{K} = \text{const}$, под воздействием нестационарных эксплуатационных нагрузок $\overline{P} = \text{var}$ характеризуются нестационарным вектором показателей эксплуатационных свойств $\overline{ЭС}$, что соответствует состоянию S_4 на графовой модели (рис. 1), которого можно достигнуть по пути

$$\textcircled{S_0} \xrightarrow{U_{01}} \textcircled{S_1} \xrightarrow{U_{14}} \textcircled{S_4} \quad (3)$$

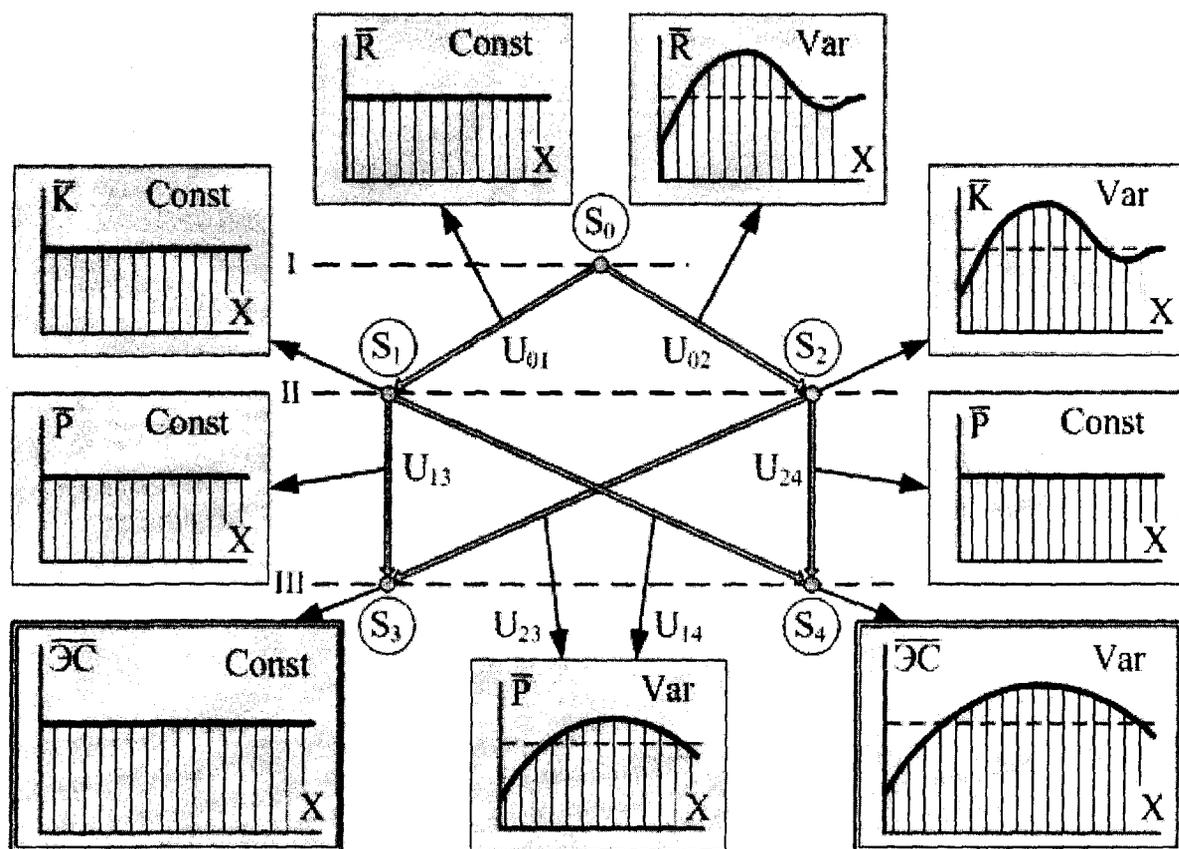


Рис. 1. Графовая модель формирования качества и эксплуатационных свойств функциональных поверхностей трибоэлементов: I, II, III – исходный, технологический и эксплуатационный уровни; \bar{R} , \bar{K} , \bar{P} , $\bar{ЭС}$ – соответственно, векторы условий обработки, параметров качества поверхностного слоя, условий эксплуатации и параметров эксплуатационных свойств; X – координата точки приложения воздействий на поверхность трибоэлемента

Для обеспечения стационарности и стабильности характеристик ЭС, то есть их изотропности по поверхности трибоэлемента, необходимо технологическое обеспечение закономерного изменения соответствующих параметров КПС по соответствующей координате поверхности, иными словами, их требуемой анизотропности. Это достигается по пути

$$\textcircled{S_0} \xrightarrow{U_{02}} \textcircled{S_2} \xrightarrow{U_{23}} \textcircled{S_3}. \quad (4)$$

Реализация этого пути является актуальной проблемой технологии машиностроения в области технологического обеспечения эксплуатационных свойств деталей машин. Её кардинальному решению способствует решение ряда сопутствующих задач, в частности:

1. Определение пространственно-временных закономерностей эксплуатационных факторов, действующих на сопряжение ($P_i = f_{i1}(X)$, $P_i = f_{i2}(t)$), характеризующих нестационарность условий эксплуатации.

2. Выявление соответствующих закономерностей изменения значений параметров КПС по поверхности трибоэлемента в функции её координаты $X(K_i = f_i(X))$, способных компенсировать нестационарность

условий эксплуатации и обеспечить состояние поверхности S_3 , то есть её изотропность по параметрам эксплуатационных свойств.

3. Формирование гаммы эффективных технологических методов обработки, позволяющих реализовать требуемые закономерности изменения значений параметров качества (наклёп, остаточные напряжения, шероховатость и др.) в функции координат обрабатываемой поверхности ($K_i = f_i(X)$), то есть реализуется путь U_{02} , решающий задачу достижения вершины S_3 (рис. 1), и, следовательно, задачу достижения изотропности поверхности по параметрам эксплуатационных свойств при нестационарных условиях эксплуатации.

Решение задачи 1 целесообразно искать исходя из следующих

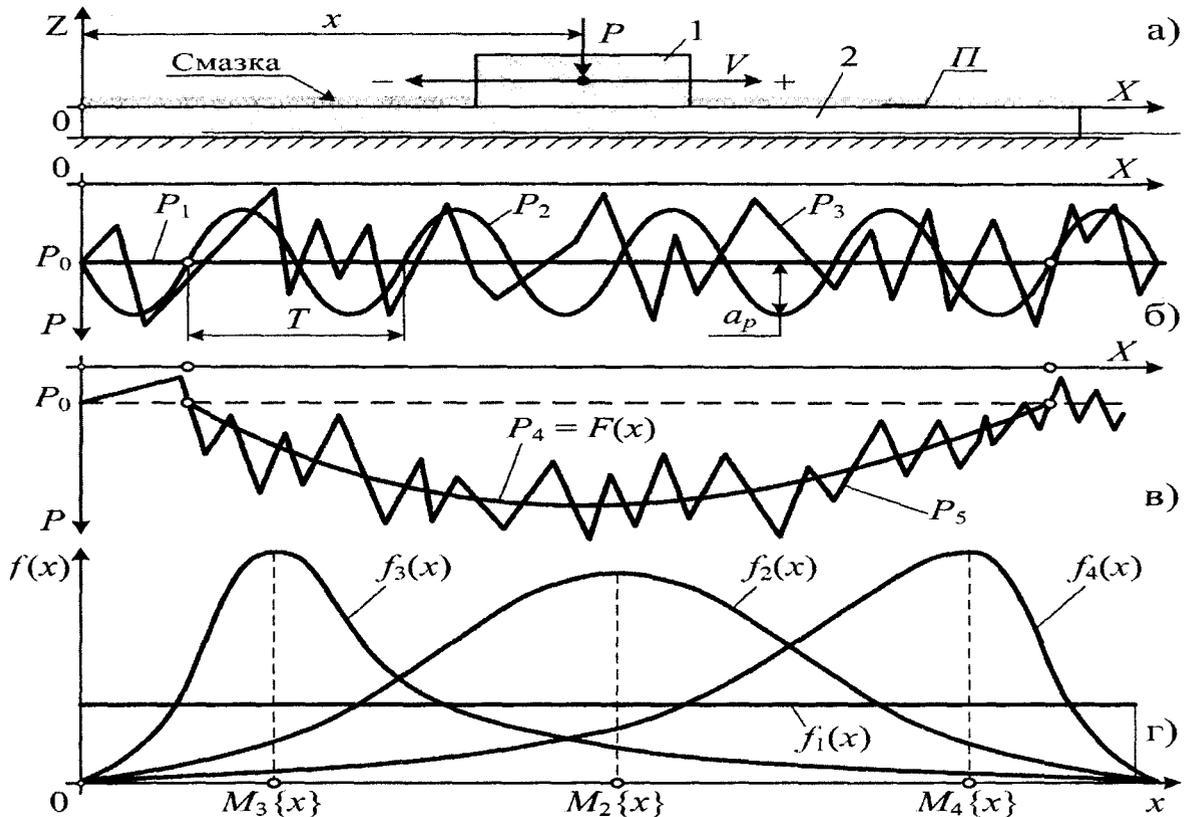


Рис. 2. Модель соединения (пара трения скольжения) (а), возможные виды действующих нагрузок P (б, в) и законы распределения величины x (г)

предпосылок. В процессе эксплуатации пар трения скольжения (рис. 2а) со стороны элемента 1 на поверхность Π элемента 2 в общем случае могут действовать следующие виды нагрузок: 1) статическая ($P_1 = P_0 = \text{const}$); 2) динамическая P_2 , которая в частном случае может иметь амплитуду a_p и период T ; 3) P_3 – нагрузка в виде стационарной случайной функции с математическим ожиданием $M\{P_3\} = P_0 = \text{const}$ (рис. 2б); 4) $P_4 = F(X)$ – закономерно изменяющаяся (имеющая экстремум или монотонная); P_5 – нагрузка в виде нестационарной случайной функции, математическое ожидание которой (в данном случае $M\{P_5\} = P_4$) зависит от X (рис. 2в).

Вид нагрузки, передаваемый со стороны элемента 1 на поверхность Π не определяет однозначно условия эксплуатации соединения. Одним из важных факторов, определяющих эпюру износа h поверхности Π базового

трибоэлемента (БТЭ) 2 является функция распределения $f(x)$ координаты X положения мобильного трибоэлемента (МТЭ) 1 по оси X (рис. 2г). Величина износа h поверхности Π будет равномернораспределённой при нагрузке P_1 и равномерном законе распределения $f_1(x)$. Имеется в виду, что параметры КПС распределены изотропно по поверхности. При любой стационарной нагрузке (P_1, P_2, P_3), но при распределениях $f_i(x)$, отличных от равномерного $f_1(x)$, величина износа h поверхности Π будет распределена неравномерно. Это приводит в общем случае к потере точности и выходу из строя оборудования, особенно технологического.

В этом случае наиболее худшая ситуация возникает при действующих нагрузках P_4 и P_5 и функции распределения положения f_2 ползуна 1 относительно поверхности Π . В окрестностях точки $M_2\{x\}$ ($X = M_2\{x\} \pm k\sigma(x)$) при этом будет наблюдаться повышенный износ, величина которого пропорциональна функции $F(X)$. Всё это относится и к цилиндрическим направляющим трения скольжения.

Таким образом, стабильность условий эксплуатации соединений трения скольжения характеризуется законом действия нагрузки $P_i = f_i(x)$ и плотностью распределения положения точки её приложения к поверхности $f_i(x)$.

Решение задач 2 и 3, то есть реализация пути (4) с позиций системного подхода должно базироваться на определенных принципах, в качестве которых предлагаются следующие.

1. *Принцип определённости.* Возможность аргументированного назначения на рабочих чертежах детали параметров качества их функциональных поверхностей, исходя из реальных будущих условий эксплуатации.

2. *Принцип существования.* Возможность аргументированного выбора наиболее эффективного метода обработки из допустимых, обеспечивающего технические требования.

Сущность этого принципа заключается в том, что существуют эффективные технологические методы обработки, обеспечивающие заданные законы распределения параметров качества по обрабатываемой поверхности детали, диктуемые нестационарностью условий эксплуатации.

3. *Принцип управляемости.* Возможность технологического управления заданными параметрами качества поверхности (или эксплуатационных свойств) в регламентируемых пределах варьирования с требуемой надёжностью по заданному закону.

4. *Принцип физической реализуемости.* Подразумевает возможность на данном предприятии реализовать соответствующий технологический процесс или экономически обоснованную возможность воспользоваться услугами других предприятий.

Этот принцип важно учитывать для виртуальных предприятий, то есть в условиях, когда проектирование и изготовление осуществляются в географически удалённых местах, а связь осуществляется компьютерными

средствами.

Что касается принципа определённости, то к настоящему времени технологическая наука располагает данными по законам формирования показателей эксплуатационных свойств в зависимости от условий эксплуатации и параметров качества поверхности элементов соединения, а также имеется чёткий научно обоснованный набор параметров КПС, технологическое обеспечение которого гарантирует получение заданных показателей эксплуатационных свойств с требуемой надёжностью [1].

Принципы существования и управляемости по своей сути требуют наличия возможности изменения режимов обработки при формировании элементарной поверхности, которая является функциональной с заданным законом изменения параметров качества в пространственной области. Это означает, что условия обработки должны быть управляемыми в пределах перехода, что можно реализовать в системах, обладающих достаточно высокой технологической гибкостью, под которой понимается способность ТС обеспечить заданные множества параметров КПС или ЭС в регламентированных интервалах с заданной надёжностью путём направленного варьирования условиями обработки и управления механизмом технологического наследования.

Существует два рода технологической гибкости систем обработки (ТГС):

1) технологическая гибкость 1-го рода (ТГС-1) – имеется возможность выбора гаммы методов обработки поверхностей (в общем случае различной физической природы) для заключительных операций технологического процесса и группы управляемых факторов каждого из них, постоянных по величине в пределах соответствующего перехода и обеспечивающих изотропность поверхности по регламентируемым значениям параметров КПС в заданных пределах с требуемой надёжностью;

2) технологическая гибкость 2-го рода (ТГС-2) – имеется возможность выбора нескольких методов обработки поверхностей (в общем случае различной физической природы) для заключительных операций технологического процесса и группы управляемых факторов каждого из них, одним или несколькими из которых можно программно управлять в пределах перехода по закону, обеспечивающему в итоге заданную анизотропность распределения параметров КПС или ЭС по обрабатываемой поверхности с требуемой надёжностью.

Для систем с технологической гибкостью 2-го рода целесообразно ввести понятия степеней свободы, число которых однозначно соответствует числу факторов режимов обработки, которыми можно программно управлять в пределах перехода, то есть в процессе обработки одной элементарной поверхности.

Все системы обработки поверхностей, в которых отсутствуют элементы программного управления типа CNC, обладают технологической гибкостью первого рода. К ним можно отнести следующие методы формирования поверхностей деталей машин на чистовых и финишных

стадиях технологического процесса обработки: 1) резание (чистовое и тонкое точение, фрезерование, шлифование, алмазно-абразивная обработка и др.); 2) резание + нанесение покрытий (гальванические, ФАБО, твёрдые нитридсодержащие, лазерное легирование, ионная имплантация и др.); 3) резание + ППД (накатывание шариками, роликами, дорнование, алмазное выглаживание, вибронакатывание, вибровыглаживание и др.); 4) резание + ППД + покрытия; 5) резание + покрытия + ППД; 6) электрофизические и электрохимические методы обработки.

Технологическая гибкость 2-го рода присуща системам ЧПУ, где имеется возможность изменять условия обработки (факторы) программным способом в пределах перехода. В таких системах могут быть реализованы перечисленные методы обработки поверхностей с несравнимо более высокой эффективностью.

Из указанных методов формирования поверхностей деталей машин можно выделить обработку ППД в силу того, что она весьма эффективна как финишная, позволяющая надёжно управлять параметрами КПС в широких пределах, и как эффективный компонент комбинированных систем обработки, связанных с нанесением различных износостойких приработочных покрытий. Эффективность методов ППД подтверждается результатами микрофотографического анализа обработанных поверхностей (рис. 3), проведенного с использованием соответствующих компьютеризированных систем [2].

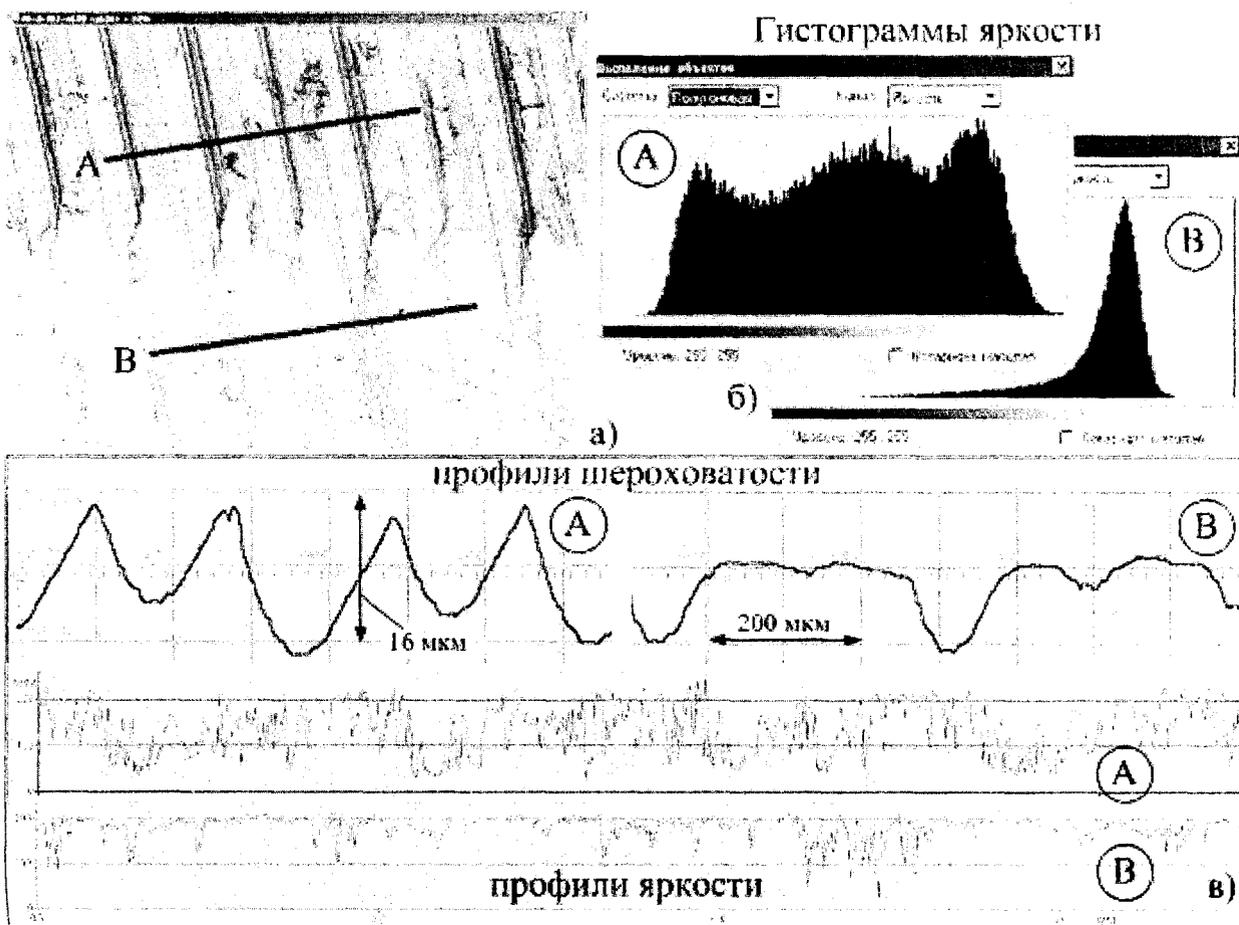


Рис. 3. Результаты микрофотографического исследования поверхности образца

из стали 45: а – микротопография (А – торцевое фрезерование, $R_a = 4,5$ мкм, $R_{max} = 20,8$ мкм, $R_p = 10,8$ мкм; В – последующее алмазное выглаживание, $R_a = 2,3$ мкм, $R_{max} = 12,9$ мкм, $R_p = 3,5$ мкм); б – гистограммы яркости; в – фрагменты профилограмм шероховатости и профилей яркости

Установлено, что за счёт варьирования условиями ППД (предварительная обработка, вид и режимы ППД) можно управлять оптическими параметрами обрабатываемой поверхности (например, яркостью).

Технологическое управление той или иной величиной возможно, если она имеет единицы измерения для количественной оценки. Гистограммы яркости и соответствующие профили яркости поверхности строятся для черно-белых тонов. При шкале цветовой гаммы 8bit чисто белый цвет имеет оценку яркости $E_{max} = 255$, а чёрный – $E_{min} = 0$. Именно в этих пределах изменяется яркость поверхности на гистограммах и профилях яркости (рис. 3). Поскольку такая шкала не совсем удобна для практических целей, предлагается пронормировать текущее значение яркости поверхности $E_{тек}$ по максимальной величине $E_{max} = 255$ и ввести коэффициент яркости:

$$R_E = \frac{E_{тек}(x)}{E_{max}}, \quad (5)$$

где x – рассматриваемая координата поверхности на трассе измерения (А, В).

Таким образом, получаем график зависимости $R_E = f(x)$, по форме идентичный профилям яркости, но величина R_E теоретически изменяется в пределах от 0 до 1: чисто черный цвет – $R_E = 0$; чисто белый цвет – $R_E = 1$. Остановившись на такой оценке яркости поверхности, для величины R_E целесообразно ввести следующие числовые характеристики:

1. Максимальное $R_{E_{max}}$, минимальное $R_{E_{min}}$ значения коэффициента яркости и его максимальный перепад:

$$\Delta(R_E) = R_{E_{max}} - R_{E_{min}} \quad (6)$$

Для идеально однотонной поверхности $\Delta(R_E) = 0$.

2. Среднее арифметическое значение коэффициента яркости:

$$\bar{R}_E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{Ei}, \quad (7)$$

где R_{Ei} – i -ое значение R_E в серии из n измерений.

Величина R_E количественно характеризует среднюю яркость или средний тон поверхности в черно-белых оттенках.

Эти количественные оценки коэффициента яркости ($R_{E_{max}}$, $R_{E_{min}}$, $\Delta(R_E)$, \bar{R}_E) имеют чёткий физический смысл и их может оказаться достаточно для начала исследований по технологическому обеспечению тоновых или яркостных параметров качества обрабатываемых поверхностей.

Широкие возможности по обеспечению изотропности эксплуатационных свойств поверхностей деталей открываются при реализации их обработки методами ППД на станках с числовым программным управлением. Синтез ППД и ЧПУ при применении управления

обработкой от персонального компьютера (ПК) позволяет реализовать обработку поверхностей деталей машин поверхностным пластическим деформированием программным способом (ППДПС), которая применима для обработки как плоских, так и цилиндрических, торцевых, конических и др., образующие которых имеют аналитическое описание. При этом решается широкий спектр вопросов инженерии поверхности, включая её предварительное моделирование, анализ и обработку.

Метод ППДПС позволяет создавать на обрабатываемой поверхности микрорельефы с управляемой структурой и параметрами, что крайне важно для управления трибологическими процессами в эксплуатации.

Гибридизация ТС обработки ППД с системой ЧПУ (в простейшем случае типа NC) позволяет резко расширить её технологические возможности, осуществлять операции различного технологического назначения: размерная обработка ППД программным способом, нанесение покрытий – и всё это при максимальной технологической гибкости, так как имеется и реализуется возможность программного управления режимами обработки в пределах перехода. С учётом возможностей ПК его гибридизация даже с простой системой ЧПУ типа NC порождает систему PCNC – систему с совершенно иными, расширенными функциональными возможностями [3].

Разработанные математическое и программное обеспечение позволяет осуществлять компьютерное моделирование процесса обработки и её последующую физическую реализацию на заготовке с визуализацией на мониторе ПК. Некоторые результаты моделирования и реализации микрорельефов в системе ППДПС "Контур ПК-NC-01" представлены на рис. 4.

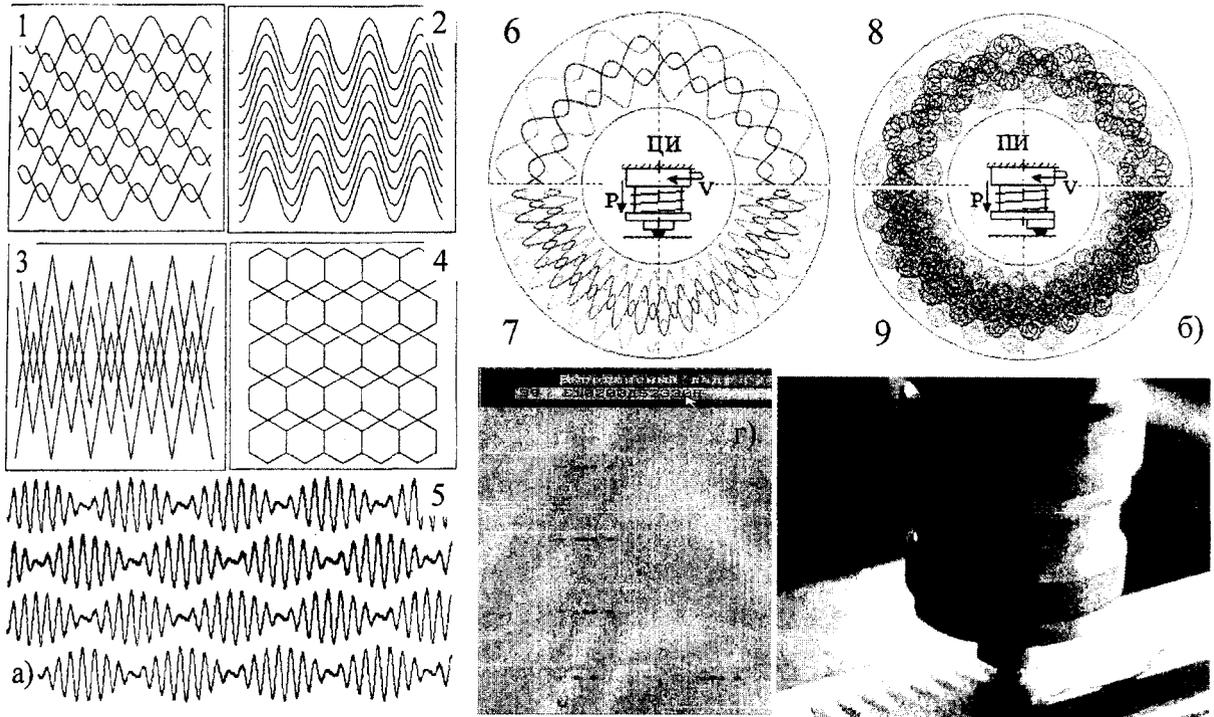


Рис. 4. Моделирование и реализация микрорельфов методом ППДПС: а – модели для плоских поверхностей типа направляющих скольжения; б – торцевых поверхностей; в – реализация микрорельефа на детали; г – визуализация процесса обработки

Модели 1...5 получены для реализации на плоских поверхностях типа направляющих скольжения. Они регулярны, но не все (3, 4) синусоидальны. Модель 5 – микрорельеф с амплитудной модуляцией (РАМ-рельеф). Традиционными способами (известные методы Ю. Г. Шнейдера) реализуются в основном только синусоидальные микрорельефы (1, 2). Модели 6...9 получены для реализации на фланцевых поверхностях. Модели 7, 9 соответствуют обработке ППДПС инструментом с центрально расположенным индентором (ЦИ), а модели 8, 9 – с периферийным расположением индентора (ПИ). При моделировании в случаях 8...9 (рис. 4) предусмотрено изменение силы воздействия индентора на поверхность в процессе обработки программным способом. Тёмные линии рельефа соответствуют увеличению силы воздействия индентора. Таким образом, тёмные участки моделей указывают на изменения параметров КПС и ЭС соответствующих участков обработанных реальных поверхностей, то есть осуществляется программное управление параметрами качества в функции её координат, то есть реализуется переход U_{02} графовой модели (рис. 1).

Технологический процесс ППДПС устройствами упругого действия обладает технологической гибкостью второго рода, что позволяет адаптировать поверхность детали к реальным условиям эксплуатации, заданным, например, в виде закона распределения координаты прилагаемой максимальной нагрузки на соединение (рис. 2в, г), путём программного управления режимами обработки в пределах перехода (сила Q , подача S ,

скорость V).

ВЫВОДЫ

1. Для обеспечения высоких эксплуатационных свойств соединений, работающих при нестационарных внешних воздействиях (нагрузка, скорость, динамические явления и др.), необходимо исследование характера нестационарностей, создание и применение технологически гибких процессов обработки функциональных поверхностей трибоэлементов.

2. Изотропность обрабатываемой поверхности по показателям эксплуатационных свойств, то есть её адаптация к нестационарным внешним воздействиям на соединение обеспечивается в технологически гибких системах 2-го рода за счёт изменения значений доминирующих факторов обработки по заданному закону при соблюдении принципов определённости, существования, управляемости, физической реализуемости.

3. Современным системам обработки присуща технологическая гибкость 1-го и 2-го рода: технологически гибкие системы 1-го рода (ТГС-1) обеспечивают эффективную, но жёсткую обработку в пределах перехода, а 2-го рода (ТГС-2) – обеспечивают эффективную и управляемую программным способом обработку в пределах перехода.

4. Среди ТГС-1 наибольшей эффективностью обладают системы, сочетающие обработку поверхностей методами различной физической природы (обработка резанием, нанесение покрытий, ППД и др.). Гибридизация методов обработки с системами ЧПУ образует класс систем ТГС-2, обладающих наиболее высокой технологической гибкостью. В этом плане перспективно практическое применение ППД программным способом (ППДПС).

5. Одним из перспективных технологических приёмов адаптации поверхностей трибоэлементов к нестационарным условиям эксплуатации является обработка ППД программным способом и методы обработки, содержащие её как один из основных компонентов.

6. Обработка ППДПС позволяет реализовать на поверхностях трибоэлементов специфические типы микрорельефов, позволяющие решать вопросы повышения герметичности, маслоёмкости, формирования требуемых физических параметров (число Рейнольдса и др.) потока смазочных материалов и др.

7. Установлена возможность технологического обеспечения оптических свойств обрабатываемой поверхности и предложена пробная система характеристик её яркости.

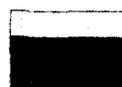
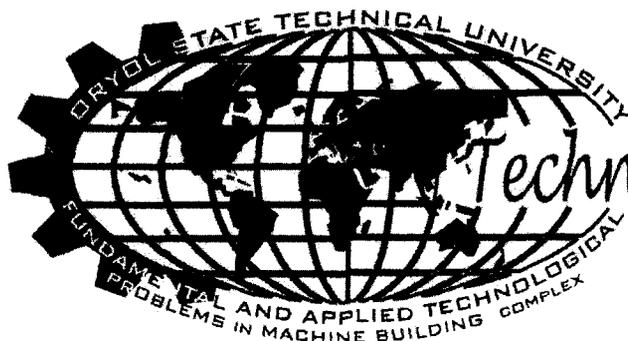
Литература.

1. Сулов А. Г., Фёдоров В. П., Горленко О. А. и др. Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей и их соединений. / Под ред. А. Г. Сулова. – М.: Машиностроение. 2006. – 448 с.

2. Сосонкин В. Л. Принцип построения открытых систем ЧПУ типа

PCNC. / Конструкторско-технологическая информатика – 2000: труды конгресса. В 2-х т. Т. 2. / IV международный конгресс. – М.: Изд-во "Станкин", 2000. – с. 170 - 173.

3. Фёдоров В. П., Финатов Д. Н., Хандожко А. В. Автоматизированные системы научных исследований (АСНИ) в инженерии поверхностей деталей машин. // Справочник. Инженерный журнал, №3, 2007, Приложение 3. Инженерия поверхности. – с. 18 - 22.



Russia,
Orel



Helsinki,
Finland

Technology 2007

УДК 621.78

УСЛОВИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ ЭПИЛАМОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРОЦЕСС РЕЗАНИЯ ПРИ СВЕРЛЕНИИ

Киричек А. В., д. т. н., проф., Звягина Е. А.

Орловский государственный технический университет
Орел, тел. (4862) 555524, fax (4862) 555524, E-mail:avk@ostu.ru

Аннотация

В статье анализируются условия рационального использования покрытий эпиламов, а также их влияние на процесс резания при сверлении

CONDITIONS OF EFFICIENT USAGE OF EPILAM COATINGS AND THEIR INFLUENCE ON THE CUTTING PROCESS AT DRILLING

A. V. Kirichek, Prof., Dr., E. A. Zvyagina

Oryol State Technical University
Oryol, тел. (4862) 555524, fax (4862) 555524, E-mail:avk@ostu.ru

Annotation

Increasing of cutting instrument's work capacity (period of stability, reliability, production) is one of the actual problems, standing before machine building. One of the ways of reducing a wear – out of instrument is epilamirovanie of its working surfaces, however for broad introduction in the production it requires carrying out the work on revealing the dependency of epilamirovanie efficiency on modes of different material processing and more precise definition of covering fixing technology.

Повышение работоспособности режущего инструмента (периода стойкости, надежности, производительности) является одним из

приоритетных направлений развития современного машиностроения. Альтернативным методом повышения эксплуатационных характеристик режущего инструмента является нанесение на его рабочую поверхность фторсодержащих поверхностно – активных веществ (ФТОР-ПАВ) из растворов эпиламов.

Термин эпилам появился в 30-е годы XX в. и определяет составы, которые наносятся на поверхности трибосопряжений для предотвращения вытекания масла из зоны трения. Первый отечественный эпилам ЭН-3 был разработан в НИИЧасПроме Г.И.Фуксом и Л.В. Тимофеевой для обеспечения растекаемости часовых масел.

Разработаны и внедрены эпиламы Эфрен-1, Эфрен-2 (Э1,Э2), 6СФК-180-05(-20) (СК), Амидофен (АФ), Полизам (Полизам 05(20), Полизам-АКВА и др.), ЗПМ и др.. Данные составы представляют собой растворы фторсодержащих поверхностно – активных веществ в легколетучем растворителе. При контакте твердого тела с раствором, ПАВ адсорбируется на поверхности, при этом ПАВ и растворитель выбираются таким образом, чтобы в процессе адсорбции молекул ПАВ обеспечивалась структура: полярная часть молекулы адсорбируется твердым телом, а гидрофобная часть направлена во вне. Благодаря этому в процессе эпиламирования высокая поверхностная энергия твердого тела заменяется на поверхностную энергию гидрофобного радикала молекулы ПАВ.

Сформированный в процессе эпиламирования на твердой поверхности тонкий слой (40-80 Å) специальным образом ориентированных молекул ФТОР-ПАВ понижая ее поверхностную энергию (для металлов – 2-4 МДж/м²) позволяет регулировать прилипание, смачивание, адгезию и другие параметры. Обработка эпиламом узлов трения предотвращает растекание практически любых смазочных масел из зоны трения, а при его отсутствии обеспечивает снижение коэффициента трения, предохраняет металлические поверхности от коррозии, водородного износа, в результате чего повышается срок службы, точность и надежность работы механизмов.

Применяемые эпиламы можно классифицировать: по природе ПАВ; по виду растворителей (фторуглеродородный, фторхлоруглеродородный растворитель или их смеси с этиловым, метиловым и др. спиртами, ацетон); концентрации ФТОР-ПАВ в растворах, влияющей на формирование моно- или мультимолекулярных слоев димеров; по механизму формирования молекулярных пленок (физическая адсорбция, хемосорбция).

Технология нанесения тонкопленочного покрытия достаточно проста и может быть применена непосредственно в производственных условиях. Разработаны несколько технологических процессов эпиламирования - это нанесение кистью, ватным тампоном, пульверизатором, погружением, кипячением в растворе. Выбор метода нанесения определяется свойствами обрабатываемого материала, размерами деталей и условиями их работы. Наибольшее распространение получили: метод окунания с последующей

сушкой на воздухе (холодное эпиламирование); метод окунания с последующим термостатированием; метод кипячения с последующей сушкой на воздухе (горячее эпиламирование). Для механизации процесса эпиламирования разработаны установки типа «Эпилам», а для его интенсификации и улучшения трибологических свойств сопряжений используют энергию ультразвуковых колебаний.

В работах [1...4] приведены результаты экспериментальных исследований по применению эпиламирования для повышения стойкости различного режущего инструмента (резцы, сверла, метчики, концевые фрезы, ножовочные полотна и т.д.), изготовленного из быстрорежущих сталей, оснащенного твердосплавными пластинами, где метод применяется и как самостоятельный процесс, а так же является одним из элементов комбинированного процесса. В ходе испытаний инструмента, исследований контактных характеристик процесса резания установлено, что эпиламирование способствует снижению составляющих усилий резания, температуры в зоне контакта, интенсивности развития очагов износа передней и задней поверхностей инструмента и т.д., что в целом позволяет повысить стойкость инструмента в 1,5 и более раз. Так же анализ литературных данных по эффективности различных методов повышения работоспособности режущего инструмента и в частности быстрорежущих сверл (рис. 1, K - коэффициент увеличения периода стойкости инструмента) показывает, что эпиламирование является наиболее эффективным методом увеличения стойкости инструмента.

Однако попытки использовать метод в реальном производстве не всегда дают положительные результаты, что приводит к не рациональному использованию средств по подготовке и эксплуатации инструмента с покрытием. Это связано с отсутствием ясного понимания природы эпиламов и механизмов их действия в процессе резания, а также рекомендаций по эксплуатации и обслуживанию эпиламированного инструмента.

Для объяснения природы действия ФТОР-ПАВ при различных условиях эксплуатации выдвигаются следующие предположения: 1) поверхности с защитной молекулярной пленкой препятствуют растеканию масла из зоны трения за счет истирания или искусственного создания участков с различной поверхностной энергией (рис. 2, стрелками показаны силы поверхностного натяжения) [5]; 2) при нанесении молекулы ПАВ заполняют микровпадины и микронеровности (шероховатость поверхности снижается в 2-2,5 раза), образуют структуры Ленгмюра в виде спиралей с нормально направленными к поверхности материала осями, что позволяет надежно удерживать смазочные среды, обеспечивает нерастекаемость масел и предотвращение их сдвига (рис. 3.) [6]; 3) при эпиламировании резко снижается поверхностная твердость и прочность твердых тел, в связи, с чем повышается эффективность процессов дробления и измельчения металлов [7], 4) покрытие эпиламом упрочняет поверхностные слои, повышая износостойкость материала.

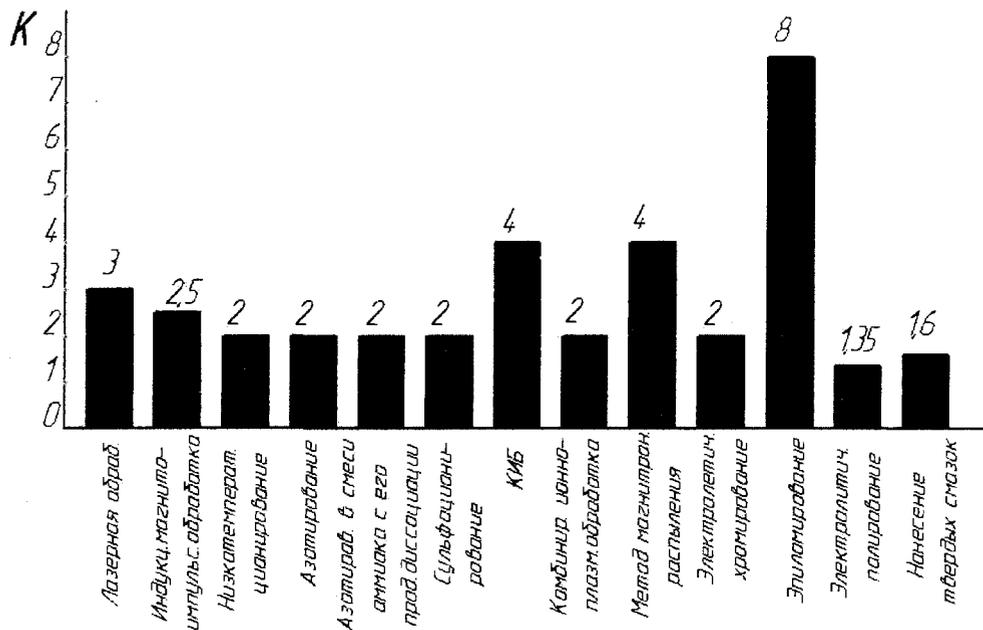


Рис.1. Методы повышения периода стойкости быстрорежущих сверл

Анализ результатов исследований и применения покрытий эпиламов в различных узлах трения показывает: основная функция эпиламов - удерживать смазочные масла в зоне трения за счет изменения поверхностной энергии твердых тел в процессе работы (рис. 2) [5]; снижение коэффициента трения при применении покрытия без смазки возможно только при определенном давлении, температуры T в зоне контакта и скорости скольжения сопрягаемых поверхностей; изменение микротвердости поверхностного слоя зависит от физико - химических свойств материала; при нанесении тонкопленочного покрытия шероховатость поверхности не изменяется, так как его толщина составляет 3-50 нм; оптимальные параметры эксплуатации покрытий находятся в достаточно ограниченной области значений скорости скольжения и соответственно температуры поверхностей трения, изнашивание пленок практически линейно возрастает при увеличении пути трения и температуры в зоне контакта [8]; действенность применения зависит от состава применяемых масел.

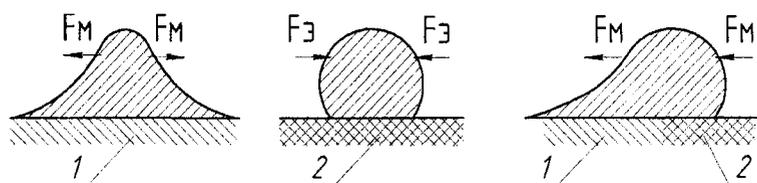


Рис. 2. Схема поведения капли на поверхности твердого тела при различных условиях смачивания [5]: 1- поверхность металла; 2-эпиламированная поверхность

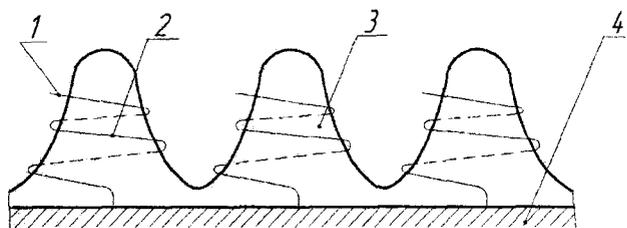


Рис. 3. Фрагмент частотола Ленгмюра на эпиламированной поверхности [6]: 1- хвост молекулы ПАВ; 2-петля молекулы ПАВ; 3-смазочная среда; 4-поверхность твердого тела

Задачей данных исследований является исследование влияния покрытий эпиламов на состояние поверхностного слоя инструмента процесс резания при сверлении, определение условий эффективного применения эпиламированного быстрорежущего инструмента при обработке отверстий.

При проведении исследований использовались эпиламы Эфрен- 2 (Э-2) ТУ 25.07.1120-75 и 6СФК–180–05 ТУ-6-02-1229-82 представляющие собой соответственно 0,05% и 0,5% - растворы перфторполиэфиркислоты 6МФК-180 общего вида (R_fCOOH) в хладоне 113. Эпиламирование выполняли по технологиям, рекомендуемым производителем для нанесения данных составов.

Исследования влияния фторсодержащих поверхностно – активных веществ на состояние поверхностного слоя быстрорежущих сверл показали, что формирование полимолекулярного слоя ФТОР – ПАВ не влечет изменение микрорельефа и микротвердости рабочих поверхностей инструмента.

Для сокращения количества дорогостоящих экспериментальных исследований по изучению влияния режимов резания и условий сверления (без и с применением масляных и водосмешиваемых СОТС) на состояние пленок эпиламов были проведены трибологические испытания по специально разработанной методике [9]. В ходе исследований установлено: при обработке эпиламированным инструментом наиболее эффективно использовать масляные СОТС, при работе без СОТС наблюдается быстрое истирание покрытия; увеличение скорости резания v над предельно допустимой по теплостойкости пленок эпиламов снижает эффективность эпиламирования; для более эффективной эксплуатации тонкопленочных покрытий в процессе резания необходимо производить подбор марок масляных СОТС.

Для изучения влияния тонкопленочного покрытия на процесс теплообразования при сверлении при различных условиях резания и установления зависимости влияния пленок эпиламов на температуру резания от скорости резания v , м/с и глубины обрабатываемого отверстия выполнены экспериментальные исследования температуры в процессе сверления методом естественной термпары. На рис. 4 – 10 представлены зависимости

термоэлектродвижущей силы (термоЭДС) от скорости резания v , м/с, глубины обрабатываемого отверстия при сверлении цельными спиральными сверлами \varnothing 6,7 мм из быстрорежущей стали Р6М5 с покрытиями из растворов 6СФК-180-05 и Эфрен-2. Обработку выполняли при подаче $s=0,14$ мм/об, скорости резания $v=0,09$ м/с при глубине отверстия $l=50$ мм и $v=0,125$ и $v=0,175$ м/с при $l=10$ мм без и с применением масляных СОТС – МР-7 и МР-7 с добавлением ПАВ на основе хлор-парафина. Измерения термоЭДС выполняли с использованием внешнего прецизионного устройства аналого-цифрового преобразования для IBM PC/AT-совместимых компьютеров ЛА-И24USB.

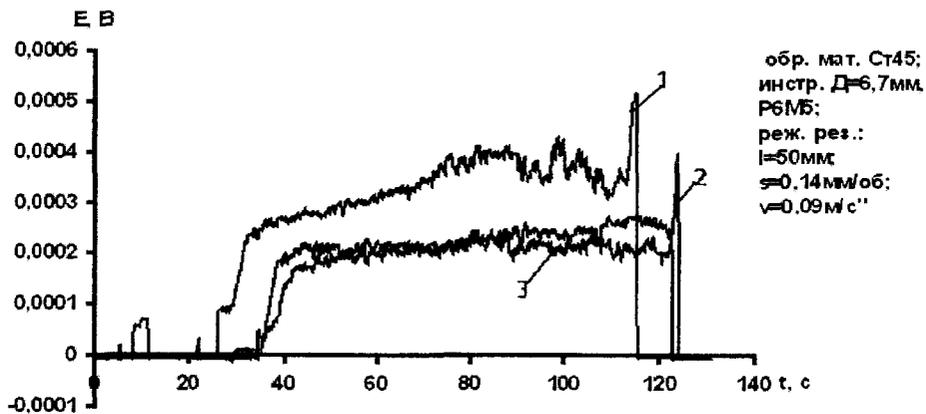


Рис. 4. Изменение термоЭДС по времени обработки t отверстия инструментом без СОТС ($v=0,09$ м/с, $l=50$ мм): 1 – без покрытия; 2 – 6СФК-180-05; 3 – Эфрен-2

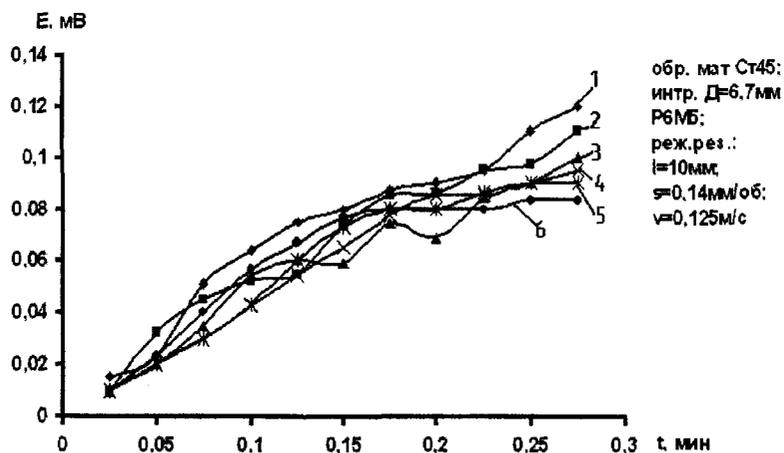


Рис. 5. Изменение термоЭДС по времени обработки t отверстия инструментом с покрытием 6СФК-180-05 при различных условиях резания ($v=0,125$ м/с, $l=10$ мм): 1 – без покрытия и СОТС; 2 – МР-7; 3 – МР-7+ПАВ; 4 – 6СФК-180-05; 5 – 6СФК-180-05; 6 – 6СФК-180-05+МР-7+ПАВ

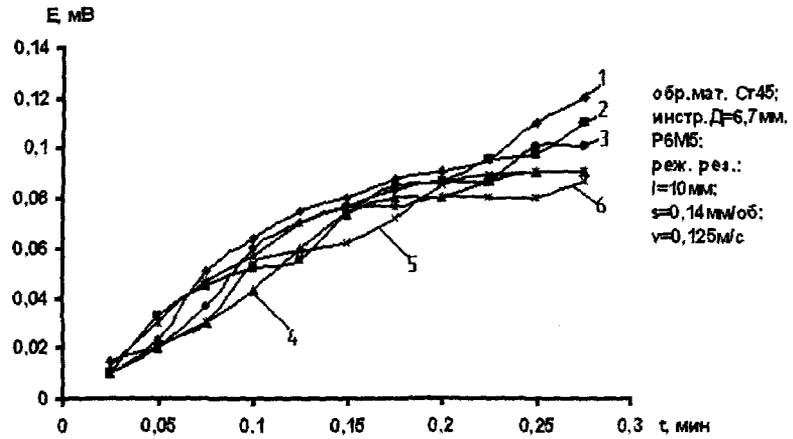


Рис. 6. Изменение термоЭДС по времени обработки t отверстия инструментом с покрытием Эфрен-2 при различных условиях резания ($v=0,125$ м/с, $l=10$ мм): 1 – без покрытия и СОТС; 2 – МР-7; 3 – МР-7+ПАВ; 4 – Эфрен-2; 5 – Эфрен-2+МР-7; 6 – Эфрен-2+МР-7+ПАВ

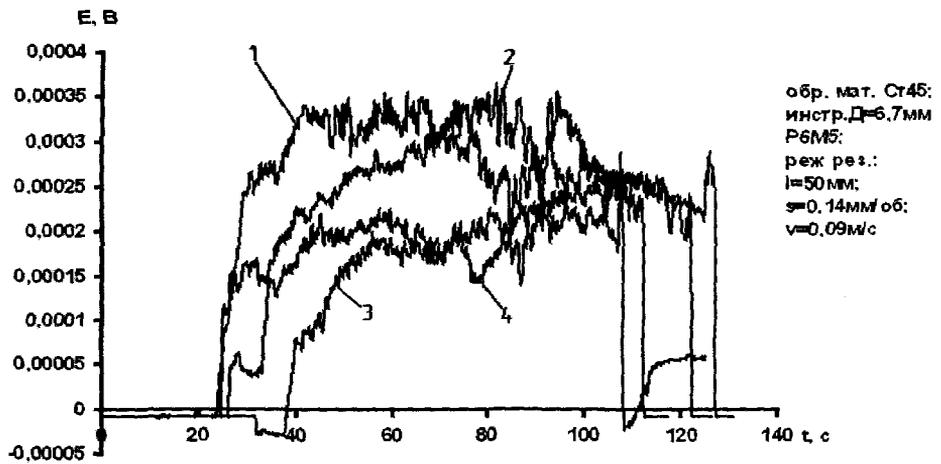


Рис. 7. Изменение термоЭДС по времени обработки t отверстия инструментом без покрытием и с покрытием 6СФК-180-05 с применением различных СОТС ($v=0,09$ м/с, $l=50$ мм): 1 – МР-7; 2 – МР-7+ПАВ; 3 – 6СФК-180-05; 4 – 6СФК-180-05+МР-7+ПАВ

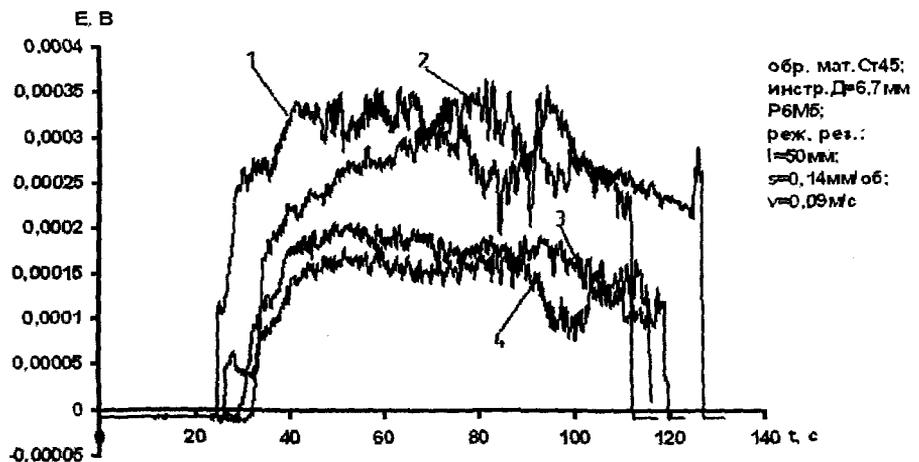


Рис. 8. Изменение термоЭДС по времени обработки t отверстия инструментом без покрытия и с покрытием Эфрен-2 с применением различных СОТС ($v=0,09$ м/с, $l=50$ мм):

1 – МР-7; 2 – МР-7+ПАВ; 3 – Эфрен-2+МР-7; 4 – Эфрен-2+МР-7+ПАВ

Анализ результатов измерений показывает:

Результаты измерений позволили сделать выводы о том, что при малой скорости резания $v=0,09$ м/с, $l=50$ мм (рис.4) и $v=0,125$ м/с, $l=10$ мм (кривые 4 рис. 5, 6) тонкопленочное покрытие при обработке без СОТС действует как смазочная композиция и способствует снижению температуры в зоне стружкообразования за счет уменьшения работы сил трения и пластической деформации. При обработке с применением СОТС наблюдаемые минимальные значения термоЭДС связаны со способностью пленки удерживать смазку в зонах контактах рабочих поверхностей инструмента с заготовкой, частично препятствовать ее уносу сходящей стружкой и стабилизировать температуру в зоне резания. Незначительное повышение скорости резания над предельно допустимой по теплостойкости пленок эпиламов (рис.9, 10) отрицательно сказывается на их состоянии и для эффективного использования инструмента с покрытием необходимо выполнять тщательный подбор режимов резания и смазочно-охлаждающих технологических сред.

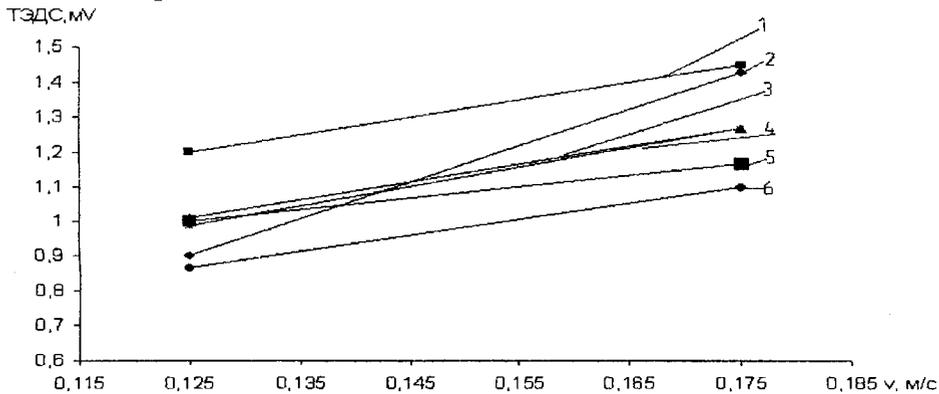


Рис. 9. Влияние скорости резания на ТЭДС при обработке инструментом с покрытием Эфрен-2 при различных условиях резания ($v=0,125$ м/с, $l=10$ м): 1 - инструмент без покрытия; 2 - Эфрен-2; 3 - Эфрен-2+МР-7; 4 - МР-7; 5 - МР-7+ПАВ хлор-парафин; 6 - Эфрен-2+ МР-7+ПАВ

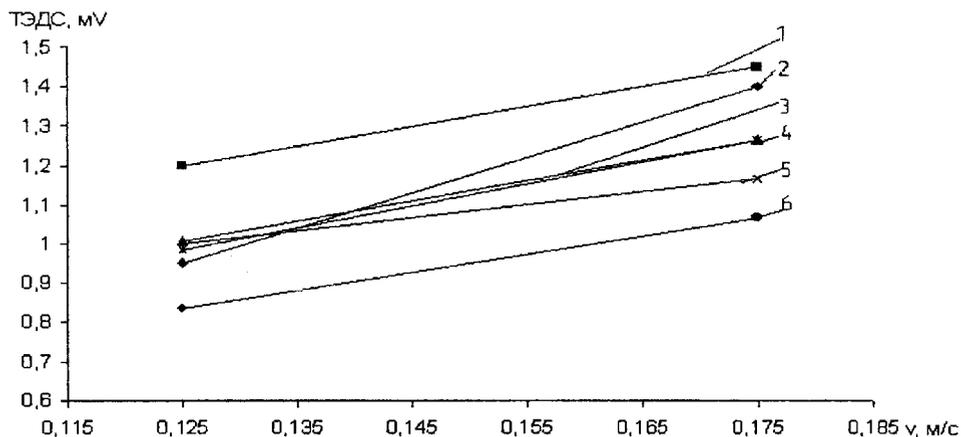


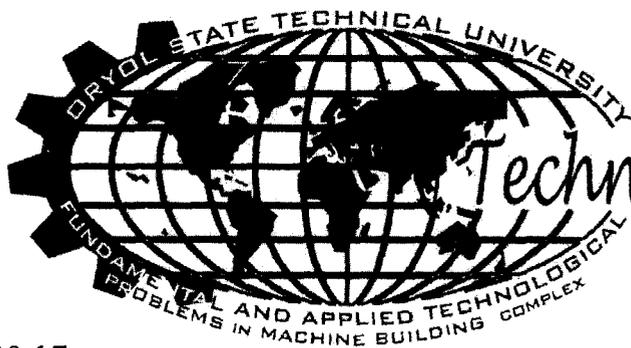
Рис. 10. Влияние скорости резания на ТЭДС при обработке инструментом с покрытием 6СФК-180-05 при различных условиях резания ($v=0,125$ м/с, $l=10$ м): 1 - инструмент без покрытия; 2 - 6СФК-180-05; 3 - 6СФК-180-05+МР-7; 4 - МР-7; 5 - МР-7+ПАВ хлор-парафин; 6 - 6СФК-180-05+ МР-7+ПАВ

Вывод. На основании предварительных трибологических испытаний и исследований влияния тонкопленочных покрытий на процесс теплообразования при сверлении установлено:

- Основная роль покрытий эпиламов при механической обработке - удерживать смазочные масла в зоне взаимодействия заготовки и контактных поверхностей инструмента за счет изменения поверхностной энергии последних, образовании барьерных участков при истирании покрытия.
- Эффективность применения эпиламированного осевого инструмента напрямую зависит от технологических факторов обработки, в частности, от скорости резания v , мм/с, так как незначительное ее повышение над предельно допустимой по теплостойкости пленок отрицательно сказывается на их состоянии.
- Для более эффективного применения инструмента с покрытием эпилама необходимо производить подбор марок применяемых СОТС.

Литература

1. Потеха В.Л., Напреев И.С. и др. Эпиламирование режущего инструмента. Электрическая и тепловая тяга, 1990. №10. С. 31.
2. Табаков В.П., Николаев Ю.Н., Журавский С.А. Повышение работоспособности инструмента из быстрорежущей стали. Физикохимия процесса резания металлов, Межвузовский сб. Чебоксары, ЧГУ, 1986. С. 51 – 55.
3. Мигранов М.Ш., Шустер Л.Ш. Пути повышения эффективности механической обработки резанием. Технология машиностроения. 2004. №5. С.19-22.
4. Гулянский Л.Г. Применение эпиламирования для повышения износостойкости изделий. Трение и износ, 1992. Том 13. №4. С. 695 – 701.
5. Гарбар И.И., Кисель А.С., Рябинин Н.А., Сапгир Е.В. Природа и механизмы действия эпиламов при трении. 1. Влияние эпиламирования на структуру и поверхностную энергию металла. Трение и износ, 1990. Том 11. №5. С. 792 – 800.
6. Харченко М.И. Повышение послеремонтного ресурса деталей автомобильных двигателей (на примере 3М3 - 53) эпиламированием и ФАБО – эпиламированием. Дис.кан. техн. наук: 05.02.03, М., 2002, С 180.
7. Полянсков Ю.В., Табаков В.П. Тамарова А.П. Технологические методы повышения износостойкости режущего инструмента и деталей машин. Учебное пособие. Ульяновск УЛГУ, 1999. С. 69.
8. Потеха В.Л., Рогачев А.В., Напреев И.С. Теоретико – экспериментальная оценка оптимальных условий эксплуатации эпиламированных трибосапряжений машин. Трение и износ, 1996. Том 17. №6. С. 764 – 768.
9. Киричек А.В., Звягина Е.А. Исследование влияния эпиламирования на повышение стойкости осевого инструмента, Упрочняющие технологии и покрытия, 2007. №1. С.30-35.



Russia,
Orel



Helsinki,
Finland

УДК 620.17

ИЗУЧЕНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОТВЁРДОСТИ В ЦАПФЕ ЛАПЫ БУРОВОГО ДОЛОТА

Д. А. Шибанов, Т. М. Пугачёва, к.т.н., доцент
Самарский государственный технический университет
Самара, тел. (8462) 242-28-89, E-mail: mag@samgtu.ru

Аннотация

Исследовали микроструктуру и микротвёрдость по сечению штамповки лапы бурового шарошечного долота из низкоуглеродистой высококачественной хромоникельмолибденовой стали. Объектом исследования была наиболее нагруженная часть лапы – цапфа подшипникового узла долота.

STUDYING OF HETEROGENEITY OF THE MICROSTRUCTURE AND DISTRIBUTION OF MICROHARDNESS IN THE PIN OF THE PAW OF THE CHISEL

D. A. Shibyanov, T. M. Pugachyova, c.t.s., the senior lecturer
The Samara state technical university
Samara, tel. (8462) 242-28-89, E-mail: mag@samgtu.ru

Annotation

Investigated a microstructure and microhardness on section of punching of a paw chisel cone chisels from low carbon high-quality chrome nickel molybdenum steel. Object of research was the most loaded part of a paw - a pin bearing unit of a chisel.

Целью данной работы было исследование неоднородности микроструктуры и характера изменения микротвёрдости по сечению штамповки лапы бурового долота. Материал лапы – малоуглеродистая комплекснолегированная сталь 19ХГНМА. Объект исследования представлял собой темплет продольного сечения штамповки лапы, вырезанный в области цапфы как наиболее нагруженной части подшипникового узла бурового долота. Перед штамповкой заготовку

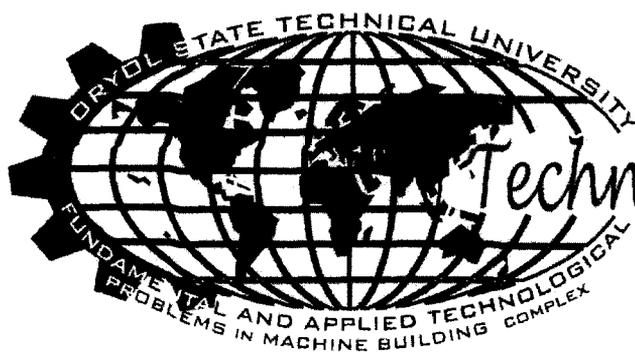
нагревали в индукторе до 1200 °С в течение 30 сек. Температура окончания штамповки составляла 1060 °С, последующее охлаждение проводили на спокойном воздухе. Микроструктуру штамповки изучали после травления в пересыщенном водном растворе пикриновой кислоты с использованием микроскопа МЕФ-2 при увеличениях 100-800 раз. Микротвёрдость измеряли по Кнупу на микроскопе ММ-6 при нагрузках 25, 50 и 100 г.

Легирующие элементы, входящие в состав стали 19ХГНМА, при кристаллизации заметно ликвируют. В микроструктуре проката это ликвационные зоны проявляются в виде чередования светлых и темных полос с различием микротвердости в 40 НК. Известно, что структурная полосчатость обуславливает неоднородность свойств и может значительно ухудшать технологические и эксплуатационные характеристики изделий.

Исследования показали, что исходная полосчатость структуры в значительной степени сохраняется после горячей штамповки лапы, хотя и видоизменяется. Наиболее контрастно полосчатость выявляется в центральной зоне, которая была наименее подвержена пластической деформации и охлаждалась после штамповки с наименьшей скоростью. В более сильно подверженных пластической деформации поверхностных областях, которые подвергались более быстрому охлаждению, полосы характеризуются меньшей контрастностью. Различие микротвердости (при нагрузке 25 г.) разнотравящихся структур составляло от 130-240 НК. При этом установлено, что твердость и микротвердость постепенно увеличиваются от поверхности штамповке к центру.

Проведенный микроанализ и данные дюрOMETрического исследования позволили установить, что светлотравящиеся полосы состоят преимущественно из крупных зерен избыточного феррита и небольшого количества перлита, а тёмнотравящиеся полосы имеют преимущественно перлитную структуру повышенной дисперсности с небольшим количеством бейнита.

Таким образом, исходная микроструктурная неоднородность металлопроката из стали 19ХГНМА при последующей штамповке лапы бурового долота усиливается, образуя по сечению заготовки области с различной степенью полосчатости, уровнем твердости и микротвердости.



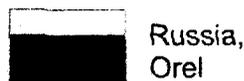
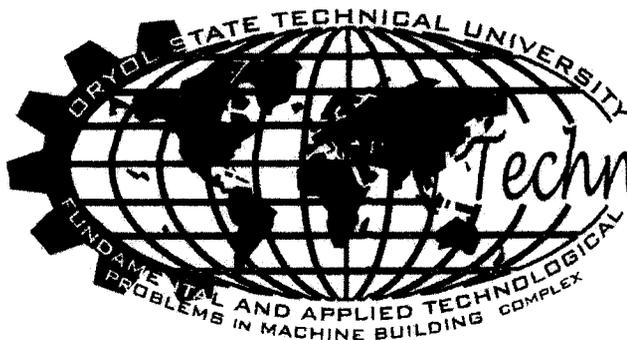
Russia,
Orel

Technology 2007



Helsinki,
Finland

ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ



Technology 2007

УДК 621.914.7+621.992.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРАБОТКИ ВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РОТОРОВ ГЕРОТОРНЫХ НАСОСОВ ТОЧЕНИЕМ

М.В. Бородин, С.И. Брусов, к.т.н., А.С. Тарапанов, д.т.н., профессор
Орловский Государственный Технический Университет
Орел, тел. (4862) 541503, e-mail: ti@ostu.ru

Аннотация

Математическое отображение схемы резания при обработке винтовой поверхности роторов героторных насосов точением. Анализ результатов расчетов позволяет сделать вывод о неравномерности силового воздействия инструмента с различными режущими кромками на технологическую систему

DEFINITION OF THE POWER CHARACTERISTICS OF THE HELICAL SURFACES TURNING OF HEROTORAL PUMP ROTORS

M.V. Borodin, S.I. Brusov, Dr.Ph., A.S. Tarapanov, Dr.Ph.
Oryol State Technical University
Oryol, tel. (4862) 541503, e-mail: ti@ostu.ru

Annotation

In the report the definition of the power characteristics of the helix surfaces turning of herotoral pump rotors is developed, during which analysis are determined parameters of cutting layer, and also cutting force characteristics depending on parameters of a mode of turning

Механическая обработка винтовых поверхностей деталей машин является одной из наиболее сложных в машиностроении. Один из наиболее универсальных способов получения винтовых поверхностей является обработка точением. Как и в большинстве применяемых кинематических схем, при обработке винтовых поверхностей роторов героторных насосов,

инструменту и обрабатываемой заготовке задают согласованные движения осевого перемещения и вращения [1].

Пространственное отображение схемы резания позволяет просчитать положение режущей кромки в пространстве в любой момент времени и, соответственно, определить значения рабочих углов инструмента и толщину срезаемого слоя на каждом участке режущего лезвия, а также рассчитать силы резания при обработке винтовой поверхности, прогнозировать износ режущих кромок и параметры качества изделия. Сила резания является важным параметром процесса обработки винтовой поверхности, во многом определяющим качество, получаемых роторов, и стойкость режущего инструмента.

Применение дробления на элементарные участки при описании режущих лезвий инструмента для расчета сил резания позволяет использовать зависимость, характерную для инструмента с кинематически простыми движениями, используя соответствующие математические модели.

Математическое отображение схемы резания (рис. 1) при обработке винтовой поверхности точением:

$$\begin{cases} x = \varphi(L) + p\varphi(S); \\ y = (R \sin \varphi(S) - \varphi(L) / \operatorname{tg} \varphi_1 - R) \sin \varphi(V), \\ z = (R \sin \varphi(S) - \varphi(L) / \operatorname{tg} \varphi_1 - R) \cos \varphi(V); \end{cases} \quad (1)$$

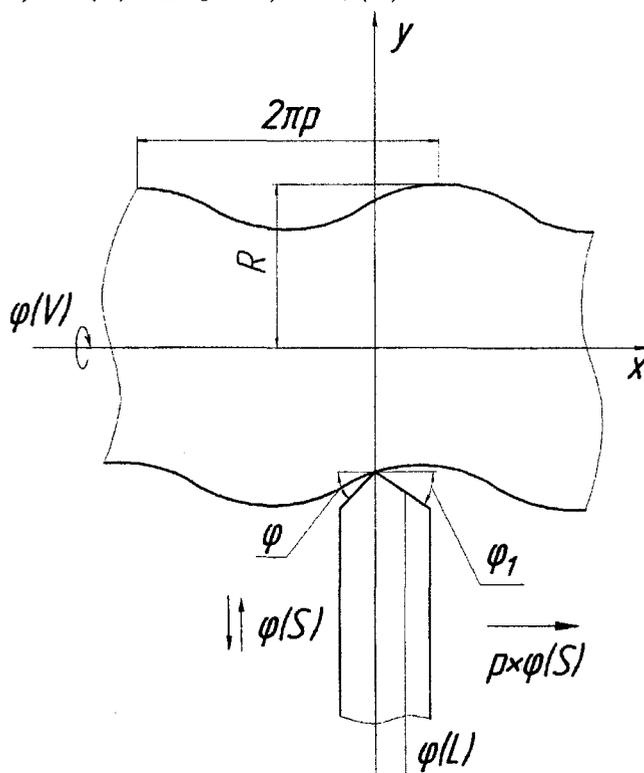


Рисунок 1 – Схема обработки винта героторного насоса точением

где $\varphi(L)$ – параметр режущего лезвия инструмента;

$\varphi(S)$ – подача;

$\varphi(V)$ – угол поворота винта;

φ – угол в плане;

R – начальный радиус винта;

p – винтовой параметр.

Частные производные по параметру движения подачи:

$$\begin{cases} \frac{\partial x}{\partial \varphi(S)} = p; \\ \frac{\partial y}{\partial \varphi(S)} = R \cos \varphi(S) \sin \varphi(V); \\ \frac{\partial z}{\partial \varphi(S)} = R \cos \varphi(S) \cos \varphi(V). \end{cases} \quad (3)$$

– частные производные по параметру режущей кромки

$$\begin{cases} \frac{\partial x}{\partial \varphi(L)} = 1; \\ \frac{\partial y}{\partial \varphi(L)} = \frac{-\sin \varphi(V)}{\operatorname{tg} \varphi_1}; \\ \frac{\partial z}{\partial \varphi(L)} = \frac{-\cos \varphi(V)}{\operatorname{tg} \varphi_1}. \end{cases} \quad (4)$$

Вектор, в направлении которого изменяется толщина срезаемого слоя, должен быть перпендикулярен к этой плоскости в данной точке:

$$\bar{a} = \{a_x; a_y; a_z\} \quad (5)$$

где составляющие вектора толщины

$$a_x = \frac{-\sin \varphi(V)((R \sin \varphi(S) - \varphi(L)/\operatorname{tg} \varphi_1 - R) \sin \varphi(V) + R \cos \varphi(S) \cos \varphi(V))}{\operatorname{tg} \varphi_1}; \quad (6)$$

$$a_y = (R \cos \varphi(S) \cos \varphi(V) - (R \sin \varphi(S) - \varphi(L)/\operatorname{tg} \varphi_1 - R) \sin \varphi(V)) \operatorname{tg} \varphi_1; \quad (7)$$

$$a_z = ((R \sin \varphi(S) - \varphi(L)/\operatorname{tg} \varphi_1 - R) \cos \varphi(V) + R \cos \varphi(S) \sin \varphi(V)). \quad (8)$$

Методика расчета силы аналогична фрезерованию [3].

Исследование составляющих сил резания производилось при обработке винтовой поверхности резцами с радиусом при вершине и круглым резцом (рис. 2).

При изменении подачи для круглого резца значение изменения составляющих сил резания не значительно, как и для резца с радиусом при вершине. Также составляющие силы резания не изменяются и при изменении радиуса обрабатываемой заготовки. С уменьшением винтового параметра p составляющие силы резания уменьшаются, а увеличение n оборотов заготовки практически не приводит к их изменению.

При обработке круглым резцом с увеличением радиуса пластины, происходит увеличение составляющих сил резания; при точении резцом с радиусом при вершине, с его увеличением, также наблюдается увеличение составляющих сил резания.

Наибольшее значение составляющие силы резания имеют при обработке резцом с радиусом при вершине и наименьшее значение при

обработке круглым резцом. Причем амплитуда изменения составляющих сил резания уменьшается в 2,5÷3 раза.

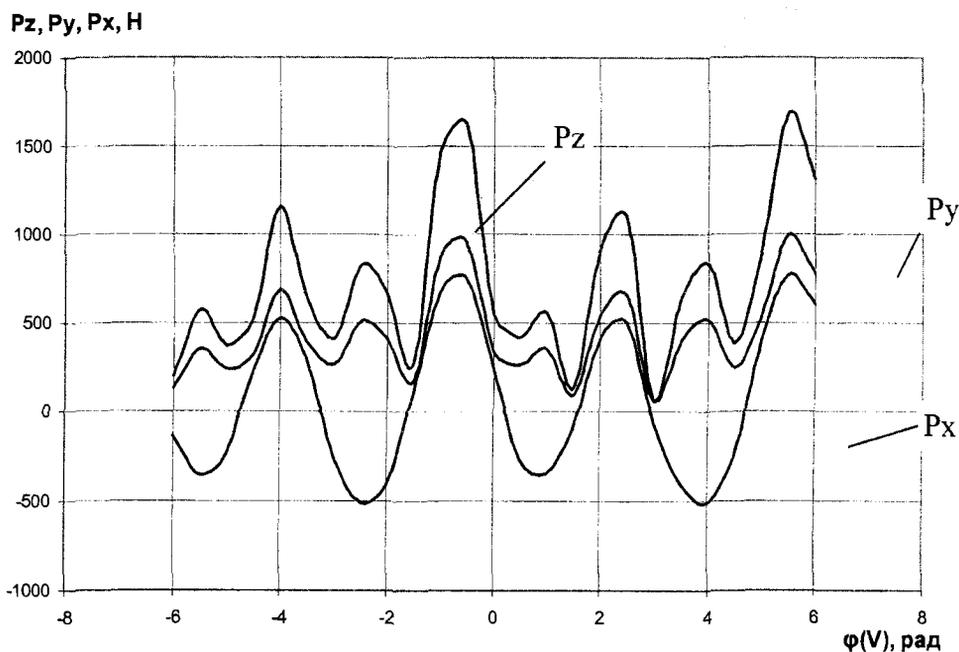


Рисунок 2 – Составляющие силы резания P_z , P_y , P_x при изменении угла поворота винта (точение производится резцом с круглой пластиной радиусом $r = 5$ мм ($n_b = 200$ об/мин; $R_{заг} = 34$ мм; $P = 28$ мм).

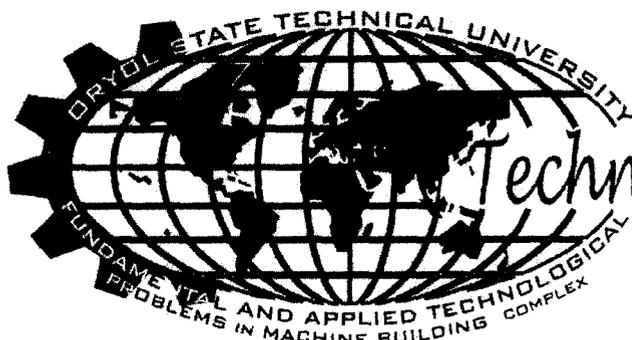
Анализ результатов расчетов позволяет сделать вывод о неравномерности силового воздействия инструмента с различными режущими кромками на технологическую систему.

В зависимостях для определения составляющих силы резания использовались значения кинематических изменений углов режущей части инструмента и геометрических параметров срезаемого слоя, при помощи которых возможно определить погрешность обработки, параметры шероховатости и износ инструмента при обработке винтовой поверхности ротора героторного насоса.

Применяя полученные зависимости, можно найти составляющие силы резания в любой момент работы инструмента при обработке винтовой канавки для любых начальных параметров, профиля, шага и угла подъема винтовой линии с любыми допустимыми параметрами процесса резания.

Литература:

1. Балденко, Д.Ф. Винтовые насосы [Текст] / Д.Ф. Балденко. – М.: Машиностроение, 1982. – 224 с.
2. Брусов, С.И. Комплексный анализ параметров лезвийной обработки винтовых поверхностей [Текст] / С.И. Брусов, А.С.Тарапанов, Г.А. Харламов. – М.: Машиностроение-1, 2006. – 128 с.
3. Бородин, М.В. Определение силовых характеристик обработки винтовых поверхностей роторов героторных насосов [Текст] / М.В. Бородин, С.И. Брусов, А.С Тарапанов // Труды международного научного симпозиума «Гидродинамическая теория смазки – 120 лет». Т. 2. – Орел.: ОрелГТУ, 2006. – С. 257–265



Russia,
Orel



Helsinki,
Finland

УДК 620.179.1.082.7:658.58

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ ТРИБОСИСТЕМ ЭЛЕКТРОПАРАМЕТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

М.Г. Захаров, м.н.с.

Орловский государственный технический университет
г. Орел, (0862)419876, факс (4862) 416684, E-mail: pms35@ostu.ru

INTERPRETATION OF RESULTS AT DIAGNOSING SYSTEMS OF FRICTION BY ELECTROPARAMETRICAL METHODS

M.G.Zaharov, y.s.e.

The Oryol State Technical University
Orel, (0862419876, a fax (4862416684, E-mail: pms35@ostu.ru

Features of interpretation of results of diagnosing of systems of friction are considered at use of electroparametrical methods of reception of the information. The factors influencing reliability and an opportunity of improvement of diagnosing are specified.

Неотъемлемой частью широкого многообразия механизмов и устройств различного назначения во многом определяющих качество их функционирования являются трибосистемы. Это обстоятельство предопределяет в ответственных ситуациях их диагностирование, которое, в ряде случаев может быть выполнено электропараметрическими методами [1].

Применение электропараметрических методов предполагает включение диагностируемой трибосистемы в единый контур со средством диагностирования и источником электрической энергии, формирующим тестовое воздействие. Протекающий в контуре ток характеризует состояние трибосистемы, а его параметры или вызванное им падение напряжения используются в качестве диагностических параметров.

Функционирующей трибосистемой генерируются токи и ЭДС составляющие, которых имеют различную физическую природу. В результате, через измерительную цепь при диагностировании проходит суммарный ток, вызванный источником тестового воздействия и генерируемый трибосистемой.

В зависимости от режима функционирования трибосистемы и условий диагностирования генерируемый ток, а также создаваемое им падение напряжения на элементах цепи изменяется в широких пределах. Это обстоятельство может иметь немаловажное влияние на результаты диагностирования и их интерпретацию при использовании электропараметрических методов.

Применение электропараметрических методов диагностирования трибосистем базируется на представлении зоны трения в виде электрической схемы замещения эквивалентной протекающим в ней процессам.

Оставив рассмотрение сущности электрофизических процессов, протекающих в трибосистемах, можно указать ряд схем замещения, среди которых одноэлементная схема в связи со своей простотой используется наиболее часто. Она базируется на представлении зоны трения активным сопротивлением r_o (или проводимостью g_o), параметры которого характеризуют ее состояние [1, 2]. В этом случае невозможно учесть воздействие генерируемых трибосистемой токов и ЭДС не только на схему диагностирования, но и получаемый результат. Этот недостаток в определенной мере устраняется в двухэлементной схеме замещения трибосистемы введением генератора e_o действие, которого эквивалентно суммарному действию всех источников ЭДС и тока.

Реализация электропараметрических методов возможна при использовании внешнего по отношению к трибосистеме тестового источника напряжения, либо тока. Представляя источник тока эквивалентным ему источником напряжения, две указанные схемы источников можно свести к рассмотрению одной с различными параметрами элементов его схемы замещения.

Мгновенное значение напряжения при диагностировании, исходя из одноэлементной схемы замещения (рисунок 1, а), определяется выражением

$$u_{ab1} = EG / (G + g_o + G_{pv}), \quad (1)$$

которое при использовании двухэлементной схемы (рисунок 1, б) имеет вид:

$$u_{ab2} = (EG \pm e_o g_o) / (G + g_o + G_{pv}), \quad (2)$$

где $G = R^{-1} = (r_{вн} + R_o)^{-1}$ – проводимость, зависящая от внутреннего сопротивления $r_{вн}$ источника энергии E и добавочного резистора R_o ; $G_{pv} = R_{pv}^{-1} = (R_u + r_{np})^{-1}$ – активная проводимость измерителя напряжения с

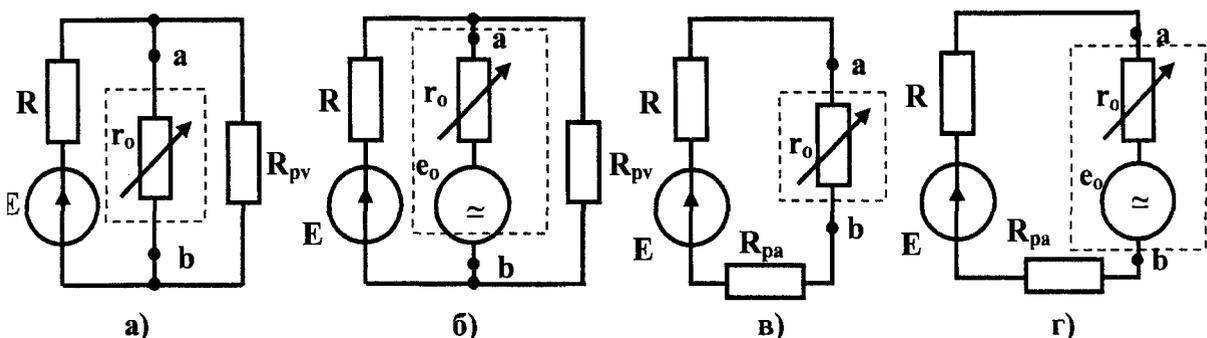


Рисунок 1 — Схемы для определения параметров трибосопряжения

внутренним сопротивлением R_u и соединительных проводников r_{np} ; e_o , $r_o = g_o^{-1}$ – соответственно суммарное обобщенное мгновенное значение источников ЭДС генерируемых трибосистемой и их суммарное внутреннее сопротивление в i -й момент времени.

При условии $G_{pv} \ll G, g_o$ (3), выражения (1) и (2) принимают вид:

$$u_{ab1} = EG / (G + g_o), \quad (4) \quad u_{ab2} = (EG \pm e_o g_o) / (G + g_o). \quad (5)$$

Мгновенное значение тока при диагностировании с учетом одноэлементной схемы замещения (рисунок 1, в) определяется, с учетом ранее введенных обозначений, выражением:

$$i_1 = EGG_{pa}g_o / (G_{pa}g_o + Gg_o + GG_{pa}), \quad (6)$$

в случае двухэлементной схемы замещения трибосистемы:

$$i_2 = (E \mp e_o)GG_{pa}g_o / (G_{pa}g_o + G_{pa}G + Gg_o), \quad (7)$$

где $G_{pa} = R_{pa}^{-1} = (r_{np} + R_a)^{-1}$ – активная проводимость измерителя тока с внутренним сопротивлением R_a и сопротивлением соединительных проводников r_{np} .

Обеспечив при диагностировании выполнение условия $G_{pa} \gg g_o, G$ (8), выражения (6) и (7) можно привести к виду:

$$i_1 = EGg_o / (g_o + G), \quad (9) \quad i_2 = (E \mp e_o)Gg_o / (G + g_o). \quad (10)$$

Сложный флуктуационный характер генерируемой трибосистемой ЭДС определяется случайной комбинацией ряда факторов. Например, таких как сочетанием материалов, образующих взаимодействующие тела трибосистемы, шероховатостью их поверхностей, наличием или отсутствием смазочного материала разделяющего поверхности трения и его свойствами, условиями взаимодействия тел и т.п. Указанные факторы определяют знак в числителе выражений (5) и (10). Очевидно, что в одних случаях происходит суммирование ЭДС источника тестового воздействия с ЭДС генерируемой трибосистемой, в других – вычитание. Это оказывает непосредственное влияние на результат измерения диагностических параметров напряжения или тока.

Приведенные выражения также указывают на зависимость измеряемого напряжения и тока одновременно и от ЭДС генерируемой трибосопряжением и от его внутренней проводимости

$$u_{ab} = f(g_o, e_o), \quad i = f(g_o, e_o), \quad (11)$$

что свидетельствует о неоднозначности результатов диагностирования. Это обстоятельство препятствует определению параметров схемы замещения трибосопряжения, которые в конечном итоге характеризуют контакт его взаимодействующих поверхностей.

Рассмотрев сочетания различного соотношения параметров, входящих в выражения (5) и (10) при условии $G, E = const$, соответствующие возможным режимам взаимодействия рабочих поверхностей при функциональном диагностировании трибосистем, позволяет сделать следующие выводы.

Выводы

Трибосистема может работать в режимах создающих такие условия работы измерительной цепи, когда источник энергии не является близким по своим параметрам ни к идеальному источнику тока, ни к идеальному источнику напряжения, а его характеристики занимают некоторое промежуточное положение по отношению к характеристикам указанных источников. Такое разнообразие ситуаций, через которые в процессе диагностирования могут проходить характеристики источника тестового воздействия, оказывает непосредственное влияние не только на достоверность, т.е. правильность интерпретирования результатов диагностирования, но и в значительной степени определяет целесообразность и возможность измерения тех или иных информативных параметров.

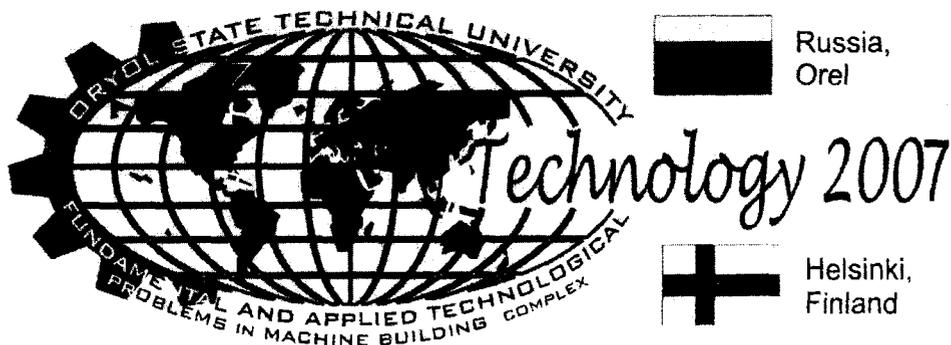
Функционирование источника тестового воздействия по отношению к диагностируемой трибосистеме в режиме генератора напряжения, позволяет считать измеряемый ток, в случае относительной малости генерируемой ЭДС, однозначно зависящим от проводимости g_0 . В этой же ситуации измерение напряжения малоэффективно.

Измерение напряжения при работе источника тестового воздействия в режиме генератором тока позволяет выделить информацию в большей степени характеризующую ЭДС генерируемую трибосистемой, нежели ее проводимость. Измерение тока в названных условиях не позволяет получить информацию о параметрах схемы замещения трибосистемы.

Рассмотренные ситуации указывают на зависимость измеряемых параметров не только от режима работы источника энергии, но и от соотношения значений членов входящих в выражения, определяющие эти параметры. Поэтому в одних условиях, для получения информативной и однозначной зависимости, оказывается целесообразным измерять напряжение, в других – ток. Выше изложенное показывает что, целенаправленно управляя параметрами источника тестового воздействия можно обеспечить выделение необходимой информации о параметрах схемы замещения трибосопряжения. Кроме того, использование двухэлементной схемы замещения позволяет не только учесть влияние на результат диагностирования генерируемой ЭДС, но и получить дополнительную информацию о процессах протекающих в зоне трения.

Литература

- 1 Подмастерьев, К.В. Электропараметрические методы комплексного диагностирования опор качения [Текст] / К.В. Подмастерьев – М. Машиностроение-1, 2001. 376 с.
- 2 Остраков, А.А., Бершадский Л.И. Электрофизические процессы при трении и смазочном действии [Текст] / А.А. Остраков, Л.И. Бершадский // Проблемы трения и изнашивания. – Киев, 1978. – Вып. 13. – С. 12-17.



УДК 621.787.6

УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА КОНТАКТНУЮ ВЫНОСЛИВОСТЬ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

А.В. Киричек^{*}, д.т.н., проф.; Д.Л. Соловьев^{**}, д.т.н.; С.А. Силантьев^{**}, к.т.н.;
С.В. Баринов^{**}

^{*}Орловский государственный технический университет
Орел, тел./ fax (4862)555524, E-mail: avk@ostu.ru

^{**}Муромский институт Владимирского государственного университета
Муром, тел.(49234)32022, fax (49234)22885, E-mail: murstin@yandex.ru

Аннотация

Разработана экспериментальная установка, позволяющая повысить производительность испытаний на контактную выносливость и установить влияние на контактно-усталостное изнашивание соотношения качения и проскальзывания для образцов с плоской поверхностью.

THE TESTS INSTALLATION FOR CONTACT STRENGTH OF FLAT SURFACES OF MACHINE PARTS

A.V. Kirichek^{*}, Prof., Dr.; D.L. Soloviev^{**}, Dr.; S.A. Silantjev^{**}, PhD.;
S.V. Barinov^{**}

^{*}Oryol State Technical University
Oryol, tel./ fax (4862)555524, E-mail: avk@ostu.ru

^{**}Murom institute of the Vladimir state university
Murom, tel.(49234)32022, fax (49234)22885, E-mail: murstin@yandex.ru

Annotation

The experimental installation for tests of flat surfaces of machine part contact strength is developed. It allows to carry out simultaneously tests up to eight samples at various values of angular speeds.

Рабочие поверхности деталей, воспринимающие концентрированные циклические контактные нагрузки, часто выходят из строя вследствие усталостного разрушения. Для повышения контактной выносливости таких деталей широко используются различные способы упрочнения, такие как термообработка, химико-термическая обработка, поверхностное пластическое деформирование [1, 2]. Определение эффективности

использования упрочнения часто возможно только в результате экспериментальных испытаний на контактную выносливость упрочненных образцов. Для этого в настоящее время применяются различные методики и установки достоверность исследований, на которых в первую очередь зависят от того, на сколько условия испытаний будут точно воспроизводить условия работы сопряженных поверхностей.

В настоящее время существует целый ряд деталей машин, такие как бойки, различные виды опор, рельс, направляющих и др., у которых изнашиваемая поверхность является плоской. Одной из основных проблем при испытаниях на контактную выносливость образцов различной формы и, особенно с плоской поверхностью, является повышение производительности. Большая длительность испытаний (до 30 дней) обычно связана с обеспечением необходимого числа циклов нагружения до 10^6 и более.

Для повышения производительности испытаний образцов с плоской поверхностью эффективно используются установки, в которых относительное движение образца и контртела образует круговую дорожку качения [3]. Кроме того, повышение производительности может достигаться за счет одновременного испытания большого количества образцов в одних и тех же условиях [4]. Однако недостатком таких схем является, то что взаимодействие контртел с испытуемой поверхностью образца осуществляется в условиях качения с проскальзыванием. При этом с уменьшением радиуса обкатывания качение будет уменьшаться, а проскальзывание увеличиваться. Существующие установки для испытаний на контактную выносливость плоских поверхностей не позволяют определять соотношение качения и проскальзывания, а, следовательно, получать достоверную информацию о процессе изнашивания.

Авторами разработана экспериментальная установка, в которой наряду с повышением производительности, за одно испытание могут быть получены несколько дорожек качения на образцах, что позволит установить влияние на контактно-усталостное изнашивание соотношения качения и проскальзывания.

Установка (рис.1) предназначена для монтажа на токарном станке (например 16К20) и состоит из обкатника (рис.2), зажатого в патроне станка, и механизма крепления и поджатия образцов к обкатнику, зажатого в резцедержателе станка.

Обкатник состоит из корпуса 1, к которому центральным болтом 2 и болтами 3 крепится сепаратор 4. Рабочими элементами обкатника являются шары 5, размещенные в пазах сепаратора 4. Использование болтов 3 предотвращает смещение сепаратора 4 относительно корпуса 1 обкатника. Между сепаратором 4 и корпусом 1 обкатника устанавливается упорный диск 6, относительно которого происходит центрирование шаров 5. Шары 5 в пазах сепаратора 4 поджимаются к упорному диску 6 радиальными болтами 7 через шайбы 8 и фторопластовые вкладыши 9. Между шарами 5 и корпусом 1 обкатника размещено войлочное кольцо 10. При работе обкатника шары 5 с одной стороны контактируют пластиной 11 и жестко

закрепленными в ней образцами 12 (рис. 3), а с другой – с войлочным кольцом 10.

Механизм крепления и поджатия образцов к обкатнику содержит пластину 11 с жестко закрепленными в ней образцами 12, которая крепится к торцу плиты 13, имеющей возможность продольного перемещения относительно основания 14. Для ограничения бокового и вертикального смещения подвижной плиты 13 к основанию 14 болтами 15 крепятся две направляющие 16 и накладка 17. На другом торце подвижной плиты 13 установлен кронштейн 18 к которому крепится индикатор часового типа 19 с щупом 20. При воздействии щупа на упор 21, расположенного на основании 14, стрелка индикатора 19 отклоняется, определяя перемещение подвижной плиты 13 относительно основания 14. Между кронштейном 18 подвижной плиты 13 и основанием 14 установлена пружина 22, сжатие которой предварительно тарируется в зависимости от величины прикладываемой силы. В результате продольного перемещения резцедержателя станка с жестко закрепленным в нем основанием 14, последнее будет воздействовать через пружину 22, на подвижную плиту 13 поджимая закрепленную на ней пластину с образцами к обкатнику. Центрирование пружины 22 осуществляет регулировочный болт 23 с одной стороны закрепленный на упоре основания 14, а с другой – свободно перемещающийся в отверстии кронштейна 18 подвижной плиты 13.

Испытания осуществляются следующим образом. Продольным перемещением суппорта станка, пластина с образцами 12 поджимается к обкатнику. При этом пружина 22 сжимается, упор 21 воздействует через щуп 20 на индикатор 19, по показаниям которого устанавливается необходимая для испытаний величина статического поджатия пластины с образцами 12 к обкатнику. При достижении требуемой нагрузки движение суппорта станка блокируется, исключая его произвольный отход во время испытаний. Включается вращение шпинделя с обкатником с заданной частотой, при этом шары 5 совершают круговое обкатывающее движение по поверхности образцов и пластины, в которой они установлены. После прохода заданного числа циклов контактного нагружения, испытания завершаются, образцы 12 извлекаются из пластины 11 и подвергаются лабораторным исследованиям.

В конструкции установки имеется возможность подачи смазки в зону контакта шаров с образцами. Для этого войлочное кольцо 10 периодически пропитывают соответствующим смазочным материалом.

Расположение шаров 5 на различном расстоянии от центра обкатника R_1 , R_2 , R_3 , позволяет за одно испытание получить на каждом образце три дорожки качения. Максимальная угловая скорость будет при качении шаров по радиусу R_3 , минимальная – по R_1 . Соответственно при R_3 соотношение качение–проскальзывание будет больше, чем при R_2 , а при R_2 больше чем при R_1 . В результате появляется возможность установить влияние на изнашивание соотношения качение–проскальзывание, а также различной угловой скорости обкатывания.

Расположение шаров в восемь радиальных рядов позволяет за один оборот обкатника осуществлять восемь циклов нагружения, что существенно уменьшает время испытаний. Так, в результате использования установки при испытаниях на базе 10^6 циклов, частоте вращения шпинделя 400 об/мин, время испытаний составит 5,2 часа.

Размещение на пластине 11 сразу нескольких образцов (до 8 шт.) позволяет одновременно провести их испытания при одинаковых условиях, наглядно сравнить износ поверхности образцов после различных упрочняющих обработок, при различных режимах упрочнения, что значительно повышает производительность процесса исследований.

Технические характеристики экспериментальной установки для испытаний на контактную выносливость плоских образцов

Максимальная сила статического поджима образцов к обкатнику, Н.....	до 1200
Частота вращения обкатника, об/мин.....	до 400
Угловая скорость обкатывания, м/с.....	до 2,5
Диаметр шаров обкатника, мм.....	8,9
Максимальный диаметр дорожки качения, мм.....	114,53
Минимальный диаметр дорожки качения, мм.....	78,88
Количество шаров в одном пазе сепаратора обкатника, шт.....	3
Количество шаров одновременно действующих на одну дорожку качения, шт.....	8
Количество одновременно испытываемых образцов.....	до 8
Габаритные размеры, мм.....	600×200×170
Масса, кг.....	12

Исследования выполнены при поддержке гранта МД-2698.2007.8

Список использованной литературы

1. Орлов А.В., Черменский О.Н., Нестеров В.М. Испытания конструкционных материалов на контактную усталость. Машиностроение, 1980. 110 с.

2. Влияние внешних факторов на контактную прочность при качении. С.В. Пинегин, И.А. Шевелев, В.М. Гудченко, В.И. Седов, Ю.Н. Блохин. Наука, 1972. 102 с.

3. А.с. 1453241 СССР. Устройство для определения пластических деформаций и износа упрочненных материалов при испытаниях на

контактную выносливость / Г.Ф. Перлов, В.П. Браженцев, А.В. Кивва, С.Н. Рыжов. Бюл. №3, 1989.

4. А.с. 176111 СССР. Машина для испытания на контактную выносливость / Г.В. Иванов. Бюл. № 21, 1965.

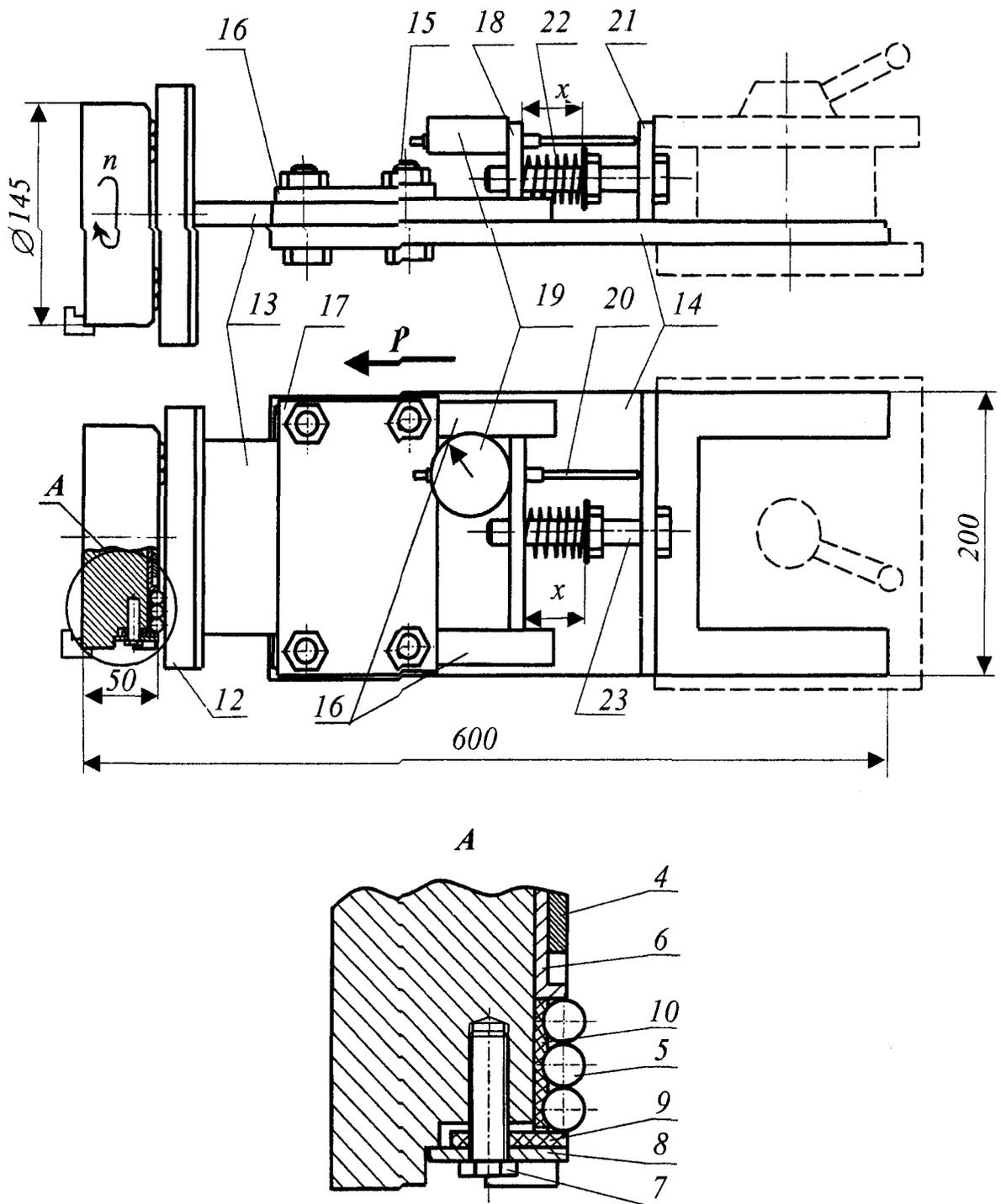


Рис. 1. Схема установки для испытания на контактную выносливость плоских образцов:

x – величина сжатия пружины, P – сила статического поджатия образца к обкатнику

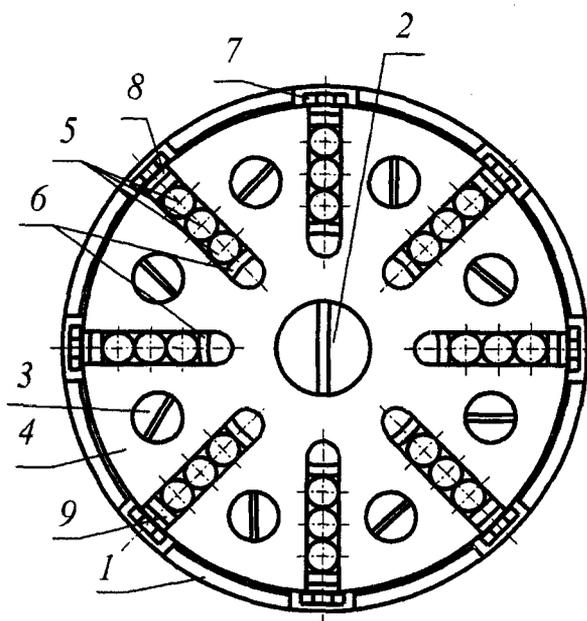


Рис. 2. Обкатник установки для испытания на контактную выносливость плоских образцов

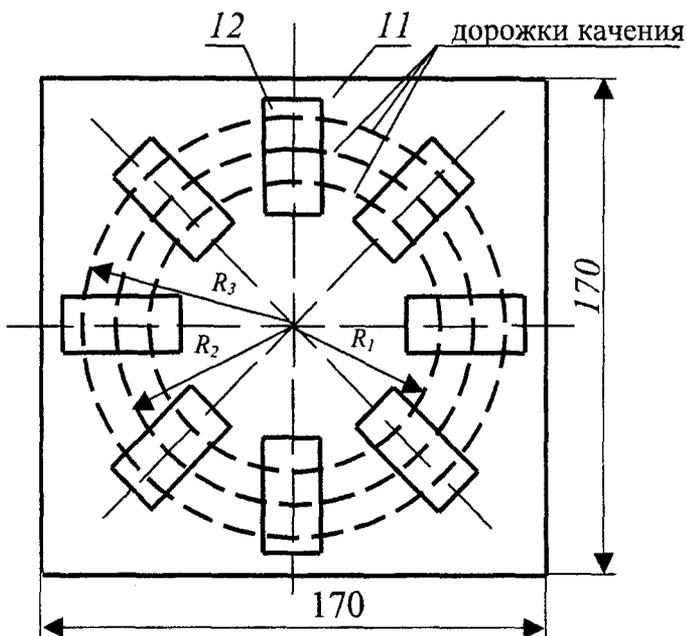
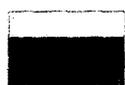
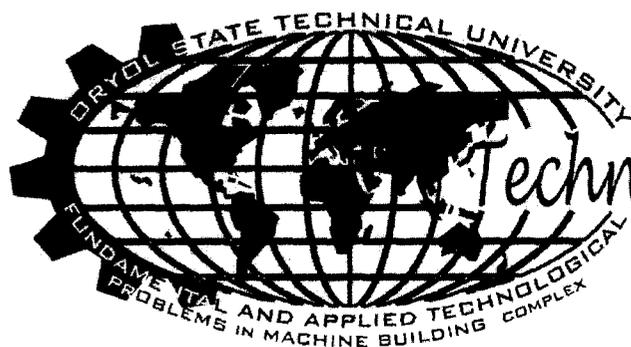


Рис. 3. Пластина с образцами



Russia,
Orel



Helsinki,
Finland

Technology 2007

УДК 621.317

ОБЗОР СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РЕЗУЛЬТАТОВ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ИСКЛЮЧЕНИИ ПРОМАХОВ

В.В. Марков, к.т.н.; О.Н. Борзёноква, студ.
Орловский государственный технический университет
Орел, тел. (4862) 419876, факс (4862) 416684, E-mail: pms35@ostu.ru

THE SURVEY OF THE METHODS OF RAISED THE QUALITY OF THE RESULTS OF FREQUENT MEASURING BY THE EXCLUDED THE BLUNDERS

V.V. Markov, k.t.n.; O.N. Borzenkova, stud.
Oryol State Technical University
Oryol, tel. (4862) 419876, fax (4862) 416684, E-mail: pms35@ostu.ru

The methods of excluded the results, which are have the rough of errors (the blunders), is consider. Is shown the necessity of the excluded the blunders by the raised the quality of the results of frequent measuring.

Качество обработки результатов многократных измерений определяется показателями качества измерений, одним из которых является правильность результата измерений. Известно, что правильность результата многократных измерений зависит от своевременного исключения результатов, содержащих грубые погрешности измерений (то есть – промахов).

Правила выявления промахов основаны на использовании статистических критериев, применение которых ограничено объемом серии результатов измерений. Широко известно правило «трёх сигм», применяемое при объеме серии более 30...50 результатов и коэффициент « η -критерий»,

применяемый при объеме серии 3...30 результатов [1]. Однако существуют и другие, малоизвестные критерии для выявления промахов.

Критерий Романовского. Данный критерий целесообразно применять при количестве результатов измерений $n < 20$. Вычисляют отношение β [2]:

$$\beta = \left| \frac{\bar{x} - x_i}{S_x} \right|, \quad (1)$$

где \bar{x} – среднее арифметическое значение результатов измерений;

x_i – сомнительный результат измерений;

S_x – среднеквадратическое отклонение результатов измерений.

Полученное значение коэффициента β сравнивают с его теоретическим значением β_T . Теоретические значения коэффициента β_T , соответствующие различным значениям доверительной вероятности P , приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Теоретические значения коэффициента β_T

Доверительная вероятность P	Число измерений						
	$n = 4$	$n = 6$	$n = 8$	$n = 10$	$n = 12$	$n = 15$	$n = 20$
0,99	1,73	2,16	2,43	2,62	2,75	2,90	3,08
0,98	1,72	2,13	2,37	2,54	2,66	2,80	2,96
0,95	1,71	2,10	2,27	2,41	2,52	2,64	2,78
0,90	1,69	2,00	2,17	2,29	2,39	2,49	2,62

Если выполняется условие $\beta \geq \beta_T$, то сомнительный результат измерения x_i считают промахом. Промах отбрасывают, а значения точечных оценок пересчитывают, уже без отброшенного результата измерения.

Критерий Шовине. Если число результатов измерений невелико (не более 10), то для выявления промахов можно использовать критерий Шовине [2]. Согласно этому критерию, промахом считается такой сомнительный результат x_i , для которого выполняется условие:

$$|\bar{x} - x_i| > k \cdot S_x, \quad (2)$$

где k – коэффициент запаса, зависящий от числа результатов измерений n .

Таблица 2 – Значения коэффициента запаса k для разных значений n

n	3	6	8	10
k	1,6	1,7	1,9	2,0

Вариационный критерий Диксона. Вариационный критерий Диксона удобен и имеет малую вероятность ошибки. При его применении полученные результаты измерений записывают в вариационный возрастающий ряд:

$$x_1, x_2, \dots, x_n \quad (x_1 < x_2 < \dots < x_i < \dots < x_{n-1} < x_n). \quad (3)$$

Критерий Диксона определяется следующим отношением:

$$(K_D)_э = \frac{x_1 - x_{i-1}}{x_i - x_1}, \quad (4)$$

где x_1, x_i, x_{i-1} – соответствующие результаты измерений из вариационного возрастающего ряда (3).

Полученное расчётное значение коэффициента сравнивается с критическим значением критерия Диксона $(K_D)_T$, определяемым по справочным данным (таблица 3). При условии:

$$(K_D)_э > (K_D)_T, \quad (5)$$

сомнительный результат измерений x_i с принятой доверительной вероятностью P может быть признан промахом и отброшен [3].

Таблица 3 – Критические значения критерия Диксона $(K_D)_T$

Доверительная вероятность P	Значение $(K_D)_T$ при числе результатов измерений n								
	4	6	8	10	14	16	18	20	30
0,99	0,89	0,70	0,59	0,53	0,45	0,43	0,41	0,39	0,34
0,98	0,85	0,64	0,54	0,48	0,41	0,39	0,37	0,36	0,31
0,95	0,76	0,56	0,47	0,41	0,35	0,33	0,31	0,30	0,26
0,90	0,68	0,48	0,40	0,35	0,29	0,28	0,26	0,26	0,22

Кроме перечисленных критериев, основанных на использовании коэффициентов, существуют способы выявления промахов, основные на анализе интегральной функции нормального распределения вероятности и интегральной функции распределения Стьюдента [4, 5]. Независимо от способа исключения промахов, сомнительный результат, признанный промахом, следует исключить, а точечные оценки пересчитать. Затем повторить процедуру до тех пор, пока все промахи в серии результатов не будут исключены.

Литература

- 1 Шишкин, И.Ф. Теоретическая метрология [Текст]: Учебник для вузов / И.Ф. Шишкин. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 492 с.
- 2 Сергеев, А.Г. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст]: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / А.Г. Сергеев, М.В. Латышев, В.В. Терегеря. – М.: Логос, 2005. – 560 с.
- 3 Гусев, Б.Н. Метрологическое обеспечение текстильных материалов и товаров. Методические указания к лабораторным работам [Текст] / Б.Н. Гусев, А.Ю. Матрохин. – Иваново: Ивановская государственная текстильная академия, 2004. – 56 с.
- 4 Дворяшин, Б.В. Радиотехнические измерения [Текст]: Учеб. пособие для вузов / Б.В. Дворяшин, Л.И. Кузнецов. – М.: Сов. радио, 1978. – 360 с.
- 5 Фрумкин, В.Д. Теория вероятностей и статистика в метрологии и измерительной технике [Текст] / В.Д. Фрумкин, Н.А. Рубичев. – М.: Машиностроение, 1987. – 168 с.

Интенсивность рассмотренных выше процессов деструкции в значительной степени зависит от качества масла, типа двигателя, условий эксплуатации и технического обслуживания. В связи с этим возникает проблема определения оптимального момента замены (обновления) моторного масла.

В настоящее время замена большинства моторных масел проводится на основе интервалов рабочего времени, рекомендованных производителями. Однако реальный срок службы в ряде случаев может существенно отличаться от рекомендуемого ресурса [1]. В связи с этим актуальной становится задача совершенствования методов и средств диагностирования моторных масел и создание диагностического обеспечения, позволяющего перейти к эксплуатации масла по текущему состоянию, а не по назначенному ресурсу.

Постановка проблемы

Для оценки качества моторных масел применяют специальные показатели качества.

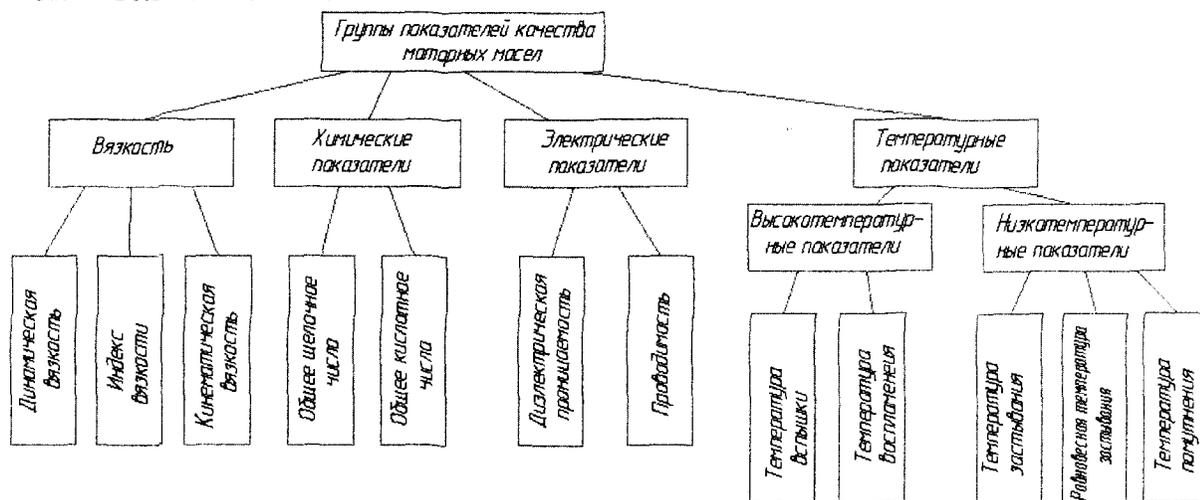


Рисунок 1 – Показатели качества моторных масел

Среди указанных на рисунке 1 групп не все показатели можно рассматривать в качестве потенциальных диагностических признаков и параметров. В работе [2] приводится описание эксперимента, результаты которого позволили сделать вывод, что, например, вязкость, являясь одним из основных показателей качества моторных масел, практически не пригодна в качестве диагностического параметра.

В работах [3, 4] показано, что перспективным направлением в диагностике моторных масел является использование в качестве диагностического признака диэлектрической проницаемости, которая определяется химическим составом масла. Известно, что основу моторных масел составляют нафтно-парафиновые углеводороды и оптимальное количество непредельных углеводородов, нафтеновых кислот, асфальтосмолистых и сернистых соединений, парафинов, полициклических ароматических соединений (содержащие серу, азот, кислород) и металлоорганических соединений. Основу распространенных присадок

составляют алкилфенольные, сульфонатные, алкилсалицилатные, диалкилдитиофосфатные и сукцинимидные соединения [5].

Сложный комплекс явлений деструкции масла можно разделить на следующие группы: химические и физико-химические процессы старения масляной основы, внешнее загрязнение масла. В результате образуются новые компоненты: карбоновые кислоты, оксикислоты, эстолиды, асфальтеновые кислоты, смолы, асфальтены, карбены, карбоиды, вода. Их диэлектрическая проницаемость во много раз отличается от диэлектрической проницаемости базовых веществ [6]. Таким образом, увеличение диэлектрической проницаемости масла свидетельствует об ухудшении его качества.

Существуют различные методы измерения диэлектрической проницаемости. При этом можно использовать и стандартизованные методики. В частности, ГОСТ 6581-75 регламентирует порядок определения параметра для трансформаторных масел, рекомендует методику и оборудование.

Известны и специальные устройства, например, устройства Kavlico Oil Quality Sensor (компания Kavlico) и Lubrigard Dielectric Sensor (компания Lubrigard), ориентированные на измерение диэлектрической проницаемости именно моторных масел.

Общим недостатком существующих методов и устройств диагностирования моторного масла по диэлектрической проницаемости является то, что они дают интегральную характеристику состояния масла и не позволяют идентифицировать процессы старения масла. Например, повышение диагностического параметра может быть вызвано не только компонентами деструкции в масле, но и введением присадок или попаданием воды, содержание которой с учетом процессов испарения является нестабильным.

Таким образом, проблема заключается в повышении информативности диэлькометрического метода за счет идентификации происходящих в моторном масле процессов.

Предлагаемые решения

Для решения поставленной проблемы предлагается комплекс средств диагностики различного уровня технической сложности и наукоемкости.

В частности, разработан прибор для экспресс-контроля моторных масел и методические подходы, позволяющие в отличие от известных аналогов исследовать именно процесс химической деструкции моторного масла.

Спецификой технологи диагностирования масла с применением такого прибора является введение операции подготовки пробы: пробу пропускают через адсорбент, удаляющий воду. Это позволит более точно оценить текущее состояние моторного масла с позиции накопления именно продуктов деструкции (старения).

Другой подход к повышению эффективности диагностирования моторных масел – переход к анализу не предельной низкочастотной

диэлектрической проницаемости ε (определяется как действительная часть ε' комплексной диэлектрической проницаемости), а к анализу частотной дисперсии диэлектрической проницаемости и потерь. Предпосылки для идентификации состава (накопления продуктов деструкции) моторного масла по диэлектрической проницаемости описываются уравнениями Дебая [6]:

$$\varepsilon' = \varepsilon_{\infty} + \frac{\varepsilon - \varepsilon_{\infty}}{1 + \omega^2 \tau^2}, \quad \varepsilon'' = \frac{\varepsilon - \varepsilon_{\infty}}{1 + \omega^2 \tau^2} \cdot \omega \tau,$$

где ε'' – мнимая часть комплексной диэлектрической проницаемости;

ε_{∞} – предельная высокочастотная диэлектрическая проницаемость;

ω – круговая частота; τ – макроскопическое время релаксации.

Факторы, определяющие макроскопическое время релаксации, индивидуальное для различных химических соединений, – это радиус молекулы, вязкость и плотность жидкости, молекулярный вес. Таким образом, на основании исследования частотной дисперсии диэлектрической проницаемости и потерь имеется возможность исследовать накопление в масле продуктов деструкции.

Для проверки данной гипотезы и проведения экспериментальных исследований разработан специальный комплекс.

Литература

1. Сычев, С.Н. Теоретическое обоснование контроля моторных масел электрическим методом (по значению диэлектрической проницаемости) [Текст] / С.Н. Сычев, К.В. Подмастерьев, Е.В. Пахолкин // Контроль. Диагностика. – 2005. – № 12.
2. Пахолкин, Е.В. Методика и оборудование для проведения экспериментальных исследований моторных масел в процессе эксплуатации [Текст] / Е.В. Пахолкин, С.Н. Сычев, Н.С. Севрюгина // Сб. тр. междунар. науч.-техн. конф. «Приборостроение-2005». – Винница-Ялта, 2005.
3. Сычев, С.Н. Комбинированный метод исследования моторных масел [Текст] / С.Н. Сычев, Е.В. Пахолкин // Седьмая сессия междунар. науч. шк. «Фундаментальные и прикладные проблемы надежности и диагностики машин и механизмов»: Программа и тезисы докладов. – СПб.: Институт проблем машиноведения РАН, 2005.
4. Волчков, А.Н. Экспериментальные исследования диэлектрической проницаемости моторных масел в процессе их эксплуатации [Текст] / А.Н. Волчков, Е.В. Пахолкин, С.Н. Сычев, К.В. Подмастерьев, В.А. Гаврилина // Известия ОрелГТУ. – Сер. Машиностроение. Приборостроение. – Орел: ОрелГТУ, 2005. – № 1.
5. Венцель, С. В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания [Текст] / С. В. Венцель. – М.: Химия, 1979 г. – 240 с.
6. Ахадов, Я. Ю. Диэлектрические свойства чистых жидкостей [Текст] / Я. Ю. Ахадов. – М.: Издательство стандартов, 1972 г. – 413 с.



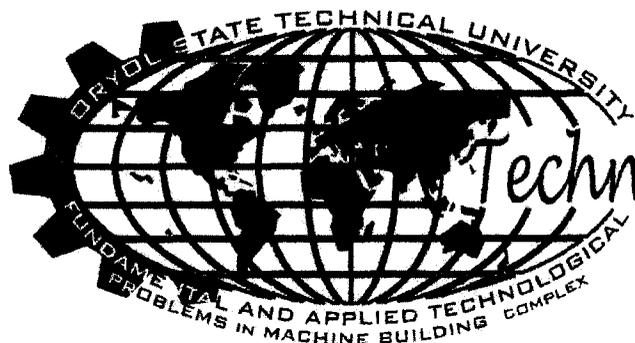
Russia,
Orel

Technology 2007



Helsinki,
Finland

ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ



Russia,
Orel

Technology 2007



Helsinki,
Finland

УДК – 625.08.0014:613.644

**ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДА, ИСПОЛЬЗУЮЩЕГО
ПЕРЕХОДНЫЕ ФУНКЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ТРАНСПОРТНОЙ
ВИБРАЦИИ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ МОБИЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНО-
ДОРОЖНЫХ МАШИНАХ**

В.С. Ванин, к.т.н., доцент, Т.В. Галаган, к.т.н., А.С. Дьяченко
Орловский государственный технический университет
Орел, тел.(4862) 551187, fax (4862) 551187, E-mail: mapp@ostu.ru

Аннотация

В данной работе проводится анализ и экспериментальные исследования предложенного экспресс-метода оценки транспортной вибрации, позволяющие выявить характер образования ошибки измерения.

**THE STUDY OF METHOD USING TRANSITION FUNCTIONS
WHILE ESTIMATING TRANSPORT VIBRATION AT WORKING
PLACES OF MOBILE ROAD-BUILDING MACHINES**

В.С. Ванин, к.т.н., доцент, Т.В. Галаган, к.т.н., А.С. Дьяченко
Орловский государственный технический университет
Орел, тел.(4862) 551187, fax (4862) 551187, E-mail: mapp@ostu.ru

Annotation

In the given work the analysis and experimental research of offered express-method of evaluating transport vibration, allowing to reveal the character of metering error formation is carried out.

Любому измерению присущи ошибки, которые негативно отражаются на объективности оценок исследуемых физических параметров. Различают следующие виды ошибок, характерных для нашего случая [2, 3]: инструментальные, методические, ошибки модели.

Инструментальные ошибки – ошибки электрических приборов, например нелинейность коэффициента усиления измерительного тракта, колебаний токов, напряжений и т.п.

Методические ошибки предложенного метода [1] связаны со следующими факторами: выбор высоты сбрасывания машины, выбор шага дискретизации и длины реализации свободных затухающих колебаний динамической системы.

Ошибки модели – ошибки, связанные с представлением реального объекта и реальных связей в виде абстрактных понятий, отражающих главные черты данного объекта, но никогда полностью с ними не совпадающими. При моделировании мобильной машины для предложенного метода сделаны следующие общепринятые в статистической динамике допущения: колебательная система мобильной строительно-дорожной машины линейна; профиль дороги для правой и левой колеи одинаковый; входной сигнал, вызывающий колебания, полностью определяется профилем пути (допущение основано на том, что колеса сохраняют точечный контакт с профилем дороги).

1. Исследование пределов применимости линейных зависимостей для колебательных систем мобильных машин. Колебательные системы мобильных машин являются нелинейными [4, 5]. Однако, имея в виду, что нелинейность чрезвычайно усложняет решение даже простейших задач, при расчетах в инженерной практике исследователи принимают в своих работах допущение о линейности колебательных систем мобильных машин.

В предлагаемой работе исследование применения линейных зависимостей для мобильной техники и высоты сбрасывания проводилось экспериментально параллельно для двух каналов передачи энергии общей вибрации к рабочему месту колесного трактора (МТЗ-80Л): передние колеса – рабочее место; задние колеса – рабочее место.

Результаты исследований представлены в виде графиков на рис.1, характеризующих зависимость модуля передаточной функции канала передачи энергии общей вибрации в диапазоне частот 0,88 – 11,2 Гц от высоты сбрасывания h . Из анализа графиков 1,а и 1,б следует, что при малых высотах сбрасывания для обоих мостов амплитудно-частотным характеристикам (АЧХ) каналов передачи энергии общей вибрации присуща ярко выраженная нелинейность. При увеличенной высоте сбрасывания (для данного варианта диапазон этих высот составил: для переднего моста $h_1 = 7,5 - 9,5$ см, для заднего моста $h_2 = 6,1 - 7,0$ см) АЧХ каналов передачи энергии общей вибрации обладают свойством линейности. При дальнейшем увеличении высоты сбрасывания наблюдаются следующие явления: отрыв колес от опорной поверхности после сбрасывания и повторный удар; отклонение подрессоренных масс до упоров (удары об ограничитель). В этих явлениях также проявляется нелинейность АЧХ каналов передач. Ярко выраженная нелинейность характеристик каналов передач для малых высот

сбрасывания объясняется тем, что при этих возмущениях колебательная система машины не полностью возбуждается (не развитый удар).

На основании полученных результатов исследований сформулировано следующее требование к выбору интенсивности единичного возмущения на входе системы (высота сбрасывания h): высоту сбрасывания для каждого канала передачи энергии общей вибрации целесообразно брать наибольшую из тех, при которых не происходит после сбрасывания отрыв от опорной поверхности или отклонение подрессоренных масс до упоров (ограничителей).

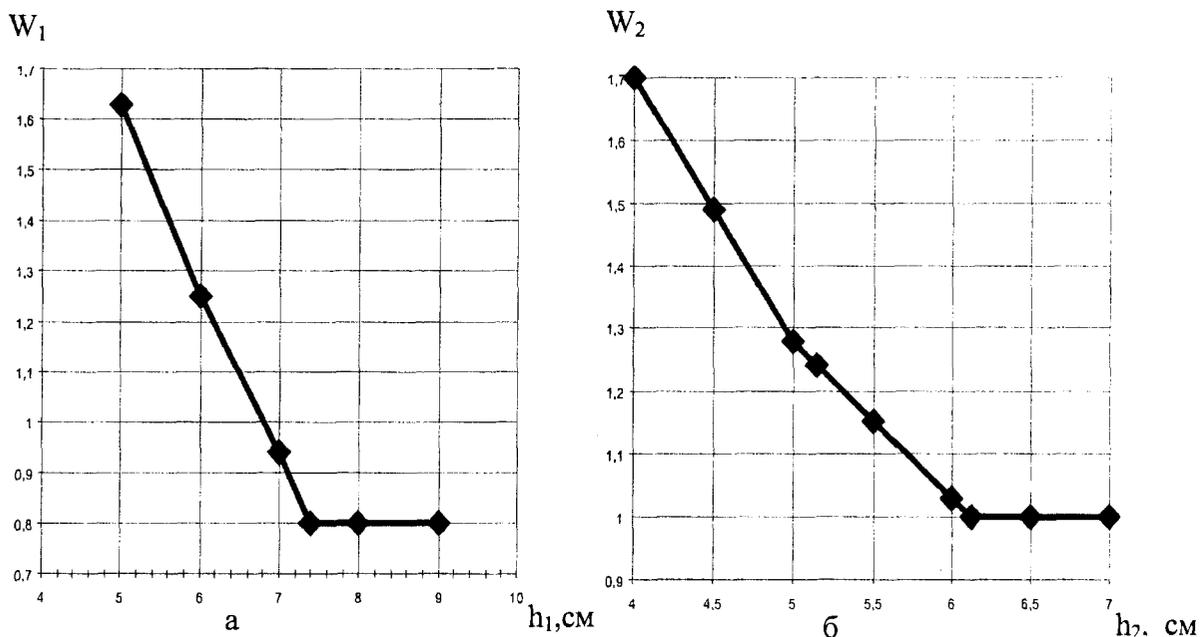


Рисунок 1 – Зависимость модуля АХЧ канала передачи а) «передние колеса-рабочее место» и б) «задние колеса-рабочее место» от высоты сбрасывания в диапазоне частот 0.88-11.2 Гц

2. Обоснование выбора шага дискретизации и длины реализации процесса свободных затухающих колебаний динамической системы

При решении задач динамики мобильных машин часто возникает необходимость в определении взаимосвязей между входными сигналами и реакциями системы. Вероятностный характер этих сигналов предполагает обработку на ЭВМ первичной информации, обеспечивающей получение достоверных оценок. Достоверность результатов, получаемых при обработке записей реакций машины, зависит от шага дискретизации исходных данных и длины реализации процесса.

Выбор шага дискретизации процесса свободных затухающих колебаний

В работах [6,7] при статическом анализе случайных стационарных процессов шаг отсчета Δt экспериментальных данных, описывающих колебательную систему, согласно теореме Котельникова-Найквиста, выбирается таким, чтобы частота дискретизации счета превышала максимально учитываемую в анализах частоту f_{cp} процесса в 1,5 – 2 раза.

Граничная частота $f_{\text{ср}} = \frac{1}{2\Delta t}$ называется частотой Найквиста. При выбранном таким образом шаге дискретизации Δt полезная информация может быть получена для диапазона частот от 0 до $f_{\text{ср}}$. Для исключения влияния наложения частот существуют два практических метода.

Первый метод состоит в выборе, при обработке сигнала достаточно малой величины Δt , при которой составляющие с частотами выше $f_{\text{ср}}$ в исследуемом процессе отсутствуют вследствие их физической невозможности.

Второй метод заключается в фильтрации процесса перед снятием отсчета. При этом в отфильтрованном сигнале составляющие с частотами выше $f_{\text{ср}}$ содержаться не будут.

Для нашего исследования граничная частота $f_{\text{ср}} = 10$ Гц. Подставляя принятые значения для $f_{\text{ср}}$, находим интервал времени 0,05 с, через который нужно выполнять отсчет (шаг дискретизации аналогового процесса).

Выбор шага дискретизации для анализа свободных затухающих колебаний системы производился по расчетным зависимостям используемым при анализе стационарного случайного процесса. Для получения достоверных оценок в нашем случае шаг дискретизации выбран меньше $\Delta t = 0,04$ с, что соответствует учету в анализах колебаний с частотами ниже 13 Гц.

Проверка правильности выбранного шага проводилась следующим образом. Записи реакций машины (ПФ) на осциллограмме обрабатывались с шагом дискретизации $\Delta t = 0,0078; 0,039; 0,0546$, что соответствует граничным частотам $f_{\text{ср}} = 64; 13; 9$ Гц. Результаты расчетов представлены в виде графиков на рис. 2. Определялось различие ординат кривых на графиках, и при различиях, превышающих 1% они признавались превышающими допустимые. Из такого анализа получено, что сходимость результатов наблюдается при изменении шага в пределах $\Delta t = 0,0078 - 0,039$ с, т.е. выбранный шаг обеспечивает получение достоверных оценок динамических систем.

Обоснование выбора длины записи процесса свободных затухающих колебаний динамической системы

Для процессов, являющихся случайными функциями времени, обладающих свойствами стационарности, эргодичности и распределенных по нормальному закону, хорошо разработаны методы их исследования [8]. Учитывая, что в нашем случае исследуется в значительной мере детерминированный процесс свободных затухающих колебаний, применение известных методов для определения объема выборки не является вполне очевидным, необходимая длина записи определялась экспериментально.

На рис. 3 представлена характерная запись переходного процесса для канала передачи энергии общей вибрации – «Передний мост – рабочее место» трактора МТЗ-80Л.

В общем случае запись переходного процесса при принятом способе единичного возмущения можно представить состоящей из трех частей, обусловленных: действием инерционных сил, возникающих при падении трактора в результате сбрасывания с высоты h ; свободными (собственными) колебаниями системы, «зашумленными» высокочастотными составляющими, возникшими в результате процесса самого взаимодействия колеса с опорной поверхностью; достаточно «чистыми» свободными колебаниями системы, реализующимися в период, когда «зашумление» практически отсутствует.

В дальнейших анализах согласно расчетной схеме метода [1] анализируется третья часть записи процесса свободных затухающих колебаний.

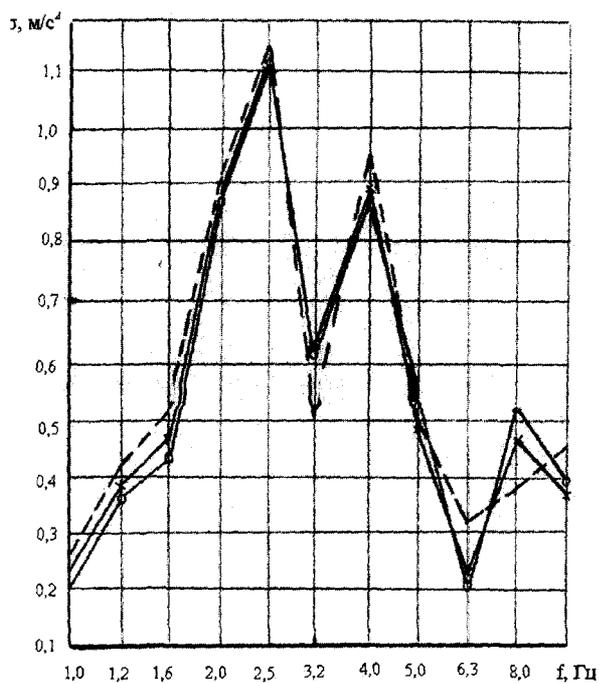


Рисунок 3. Графики ускорений вибрации при различных шагах дискретизации.

Рисунок 2 – Графики уравнений виброускорений при различных шагах дискретизации;

- $\Delta t=0,0078$ с ($f_{cp}=64$ Гц);
- ×— $\Delta t=0,039$ с ($f_{cp}=13$ Гц);
- $\Delta t=0,0546$ с ($f_{cp}=9$ Гц);

Начальная граница записи определялась следующим образом. Из анализа исключался участок записи, на котором возможны проявления инерционных сил.

Для этого синхронно с записью (рис. 4) сигнала на сиденье (кривая линия 1) регистрировался на осциллограмме (линия 2) момент удара колеса об опорную поверхность. Реализация синхронной записи достигалась установкой контактного датчика между колесом машины (в подвешенном состоянии) и опорной поверхностью. При ударе об опорную поверхность контакты датчика замыкались, и сигнал поступал на отметчик событий осциллографа.

Момент удара колеса об опорную поверхность отмечен на осциллограмме ступенчатым изменением уровня сигнала контактного датчика и является начальной границей записи свободных затухающих колебаний.

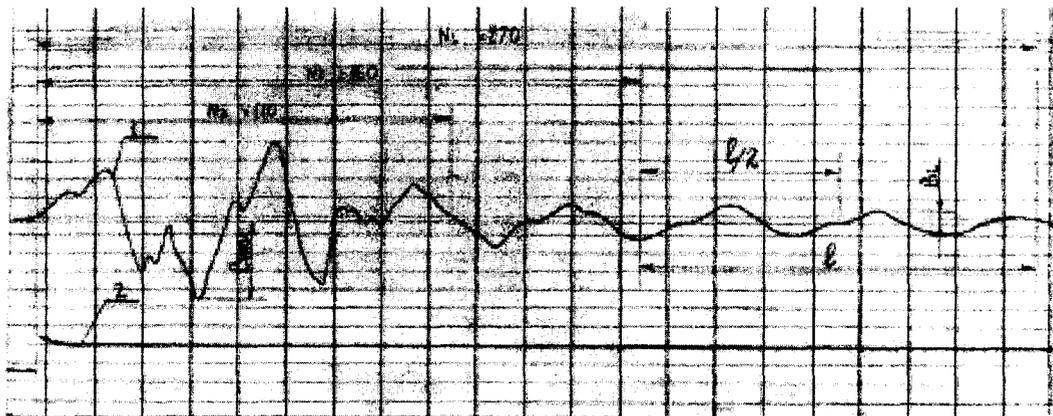


Рисунок 3– Схема обработки записи осциллограмм процесса свободных затухающих колебаний. 1– сигналы полученные на сидении; 2 – сигналы полученные в момент удара колес об опорную поверхность.

Конечная граница записи процесса свободных затухающих колебаний определялась следующим образом. Производились расчеты АЧХ динамической системы при различных длинах записи одного и того же процесса свободных затухающих колебаний рис.4. Объем выборок составил: $N_1 = 270$; $N_2 = 160$; $N_3 = 110$ шагов.

На основании проведенных исследований приняты следующие решения по выбору длины записи:

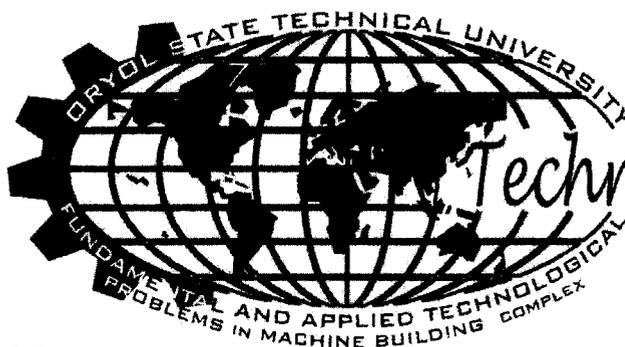
- 1) начальная граница записи процесса соответствует моменту удара колеса об опорную поверхность при сбрасывании машины с высоты h ;
- 2) конечная граница записи процесса соответствует моменту времени, после которого все последующие значения уровня сигнала по величине меньше значения, равного 8% от максимального уровня сигнала для одной записи.

Литература

1. Ванин В.С. Экспресс-метод оценки транспортной вибрации. //Строительные и дорожные машины. - 2006. - №10.
2. Мудров В.И., Кушко В.Л. Методы обработки измерений. – М.: Советское радио, 1976. – С. 4-39.
3. Кемниц Ю.В. Теория ошибок измерения. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1967. – 175 с.
4. Волошин Ю.Л., Фалеева Е.Н. Исследование нелинейных систем поддресоривания колесных тракторов //Труды НАТИ. – 1973, вып. 273. – С. 22-24.
5. Анилович В.Я., Карабин В.В. Расчет нелинейных колебаний колесного трактора методом вероятностей состояния //Тракторы и сельхозмашины. – 1980. - № 10 С. 6 – 9.
6. Степанов В.Е. Влияние колебаний МТА на его энергетические показатели: Дис.канд. техн. наук. – М., 1984. – 153 с.

7. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. – М.: Мир, 1989.- С. 330 – 338.

8. Лурье А.Б. Динамика регулирования навесных сельскохозяйственных агрегатов. - Л.: Машиностроение, 1969. – 228 с.



Technology 2007



УДК 539.3

К ВОПРОСУ О ПЕРЕКОСЕ И СМЕЩЕНИИ ОСИ КАНАЛА СТВОЛА, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОРУДИЙНЫХ СТВОЛОВ

В.А. Гордон, д.т.н., проф., Г.А. Семёнова
 Орловский государственный технический университет
 Орёл, тел. (4862)419848, E-mail: gordon@ostu.ru

Аннотация

Технология изготовления орудийных стволов оказывает влияние на баллистические характеристики оружия, в частности, на параметры рассеивания. В статье предлагаются математические модели деформаций ствола, учитывающие дефекты его геометрии типа перекосов и смещений оси канала. Полученные результаты могут служить теоретическим обоснованием назначения оптимальных допусков

ABOUT TECHNOLOGICAL MISALIGNMENT AND DISPLACEMENT OF THE CHANNEL OF THE BARREL

V.A. Gordon, Prof., Dr., G.A. Semenova
 Oryol State Technical University
 Oryol, tel. (4862)419848, E-mail: gordon@ostu.ru

Annotation

The technology of the production of the gun's barrels has an effect on the ballistic data of weapon to the parameters of scattering in particular. The mathematical models of deformations of the barrel, which consider the defects of its geometry of the type of misalignments and displacement of the axis of channel are proposed in this article. The obtained results can serve as the theoretical substantiation of the designation of the optimum admittances

В процессе производства орудийных стволов могут возникать перекосы и смещение оси канала ствола, которые оказывают влияние на баллистические параметры оружия высокой точности. В связи с этим возникает необходимость расчёта допустимых отклонений в процессе

производства. Однако существующие методики прочностного и динамического расчёта ствола не позволяют точно сформулировать требования к качеству изготавливаемых стволов.

В качестве расчётной модели оружейного ствола рассматривается консольный круговой стержень, удлинение $\frac{l}{D}$ которого больше 10 (где l – длина, D – диаметр стержня), с полостью в виде наклонного продольного отверстия постоянного радиуса r ; \bar{a} – расстояние между центрами большой окружности и эллипса в заделке; γ – угол наклона оси отверстия к оси Ox (рисунок 1).

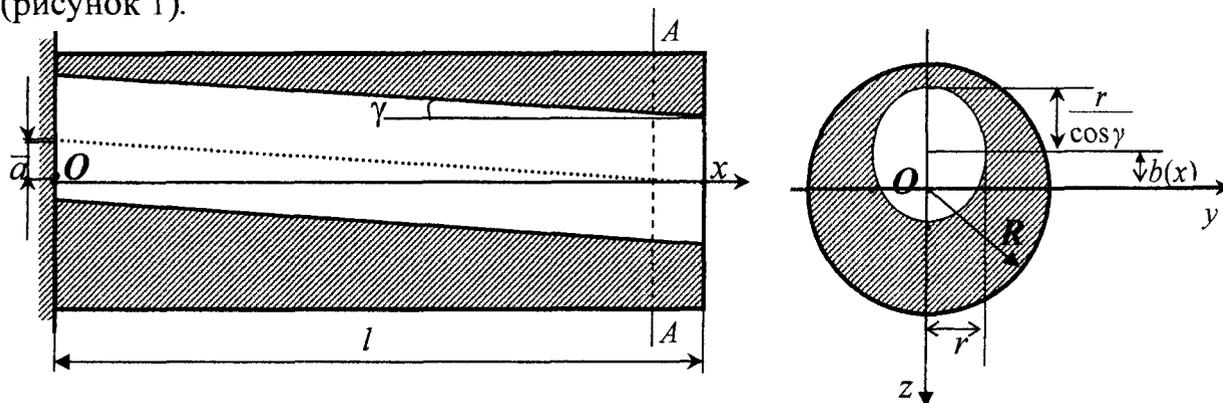


Рисунок 1

Уравнение свободных поперечных упругих колебаний стержня с произвольными законами распределения модуля упругости $E=E(x)$ и осевого момента инерции $J=J(x)$ поперечного сечения вдоль оси стержня имеет вид [1]

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[E(x)J(x) \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right] + \rho(x)A(x) \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

где x – осевая координата, t – время, $w=w(x,t)$ – прогиб.

Введем параметры

$$\xi = \frac{x}{l}, \quad \tau = \frac{t}{l^2} \sqrt{\frac{E_* J_*}{\rho_* A_*}}, \quad \bar{w} = \frac{w}{l}, \quad G = \frac{EJ}{E_* J_*}, \quad S = \frac{\rho A}{\rho_* A_*},$$

где l – длина стержня, E_* , J_* , ρ_* , A_* – некоторые характерные значения механических и геометрических характеристик стержня, позволяющие привести уравнение (1) к безразмерному виду

$$\frac{\partial^2}{\partial \xi^2} \left[G(\xi) \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \xi^2} \right] + S(\xi) \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \tau^2} = 0. \quad (2)$$

Модуль упругости $E(x)=E_*$, плотность материала $\rho(x)=\rho_*$ и площадь поперечного сечения $A=A(x)$ в данном случае постоянны, а осевой момент инерции $J_z(x)$ относительно оси Oz из-за переменности межосевого расстояния $b=b(x)$ изменяется вдоль оси Ox (рисунок 1) по закону

$$J_Z(x) = J_* \left[1 - \frac{\alpha^4}{\cos \gamma} - \left(\frac{b(x)\alpha}{2R} \right)^2 \cdot \frac{1}{\cos \gamma - \alpha^2} \right],$$

где $\alpha = \frac{r}{R}$, $J_* = \frac{\pi R^4}{4}$, $b(x) = \bar{a} + x \cdot \operatorname{tg} \gamma$.

Тогда безразмерные жесткость на изгиб $G(\xi)$ и плотность $S(\xi)$ принимают вид $S(\xi) = 1 - \frac{\alpha^2}{\cos \gamma}$, $G(\xi) = \frac{1}{16k^2} \left(1 - \frac{\alpha^4}{\cos \gamma} \right) - \frac{\alpha^2 (a - \operatorname{tg} \gamma \cdot \xi)^2}{\cos \gamma - \alpha^2}$,

где $a = \frac{\bar{a}}{2R}$, $k = \frac{l}{2R}$.

Разделяя переменные в уравнении (2) представлением

$$w = W(\xi)T(\tau), \quad (3)$$

где $W(\xi)$ – форма собственных колебаний, получим два уравнения

$$[G(\xi)W'''] - p^2 S(\xi)W = 0, \quad (4)$$

$$\ddot{T} + p^2 T = 0,$$

здесь штрих и точка означают дифференцирование по соответствующей переменной,

p – безразмерная собственная частота колебаний.

Для получения аналитического решения уравнения (4) В.А. Гордоном был разработан асимптотический метод [2] решения задач динамики, сочетающий методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами и методы теории автоматического управления. Этот метод имеет достаточное математическое обоснование, работоспособен при минимальных ограничениях на характер неоднородности, содержит оценки точности получаемых решений, он эффективен в смысле получения численных результатов.

Этим методом построены решения частотного уравнения

$$p_n = \left[\lambda_n \left(\left(\int_0^1 \left(\frac{S(\zeta)}{G(\zeta)} \right)^{1/4} d\zeta \right)^{-1} + \frac{\alpha^2 (k \operatorname{tg} \gamma - a) \cdot V}{\lambda_n^2 \cos \gamma} \right) \right]^2, \quad (5)$$

где λ_n – частота колебаний однородного консольного стержня без отверстия,

$$V = \frac{\operatorname{sh} \gamma \cos \gamma + \operatorname{ch} \gamma \sin \gamma}{\operatorname{sh} \gamma \cos \gamma - \operatorname{ch} \gamma \sin \gamma} \cdot (G^3(\xi)S(\xi))^{-1/4}$$

и получены соответствующие формы

$$W_n(\xi) = p_n^{-3/4} (S^3(\xi)G(\xi))^{-1/8} \cdot (C_1 \operatorname{ch} \omega(\xi) + C_2 \operatorname{sh} \omega(\xi) + C_3 \cos \omega(\xi) + C_4 \sin \omega(\xi)) \quad (6)$$

где $\omega(\xi) = p_n^{1/2} \int_0^\xi \left(\frac{S(\zeta)}{G(\zeta)} \right)^{1/4} d\zeta$

изгибных колебаний консольного стержня с дефектом отверстия.

Следовательно, асимптотическое представление прогибов при колебаниях имеет вид $w = \sum_{n=1}^{\infty} W_n(\xi) T_n(\tau)$, где $T_n = A_n \sin(p_n \tau) + B_n \cos(p_n \tau)$.

Формулы (5) и (6) позволяют графически представить (рисунки 2,3) зависимости основной частоты p_1 и угла поворота $W_1'(1)$ концевое сечения (дульного среза) при колебаниях по основной форме от параметров отверстия a и γ (здесь угол γ считается положительным при отсчете по часовой стрелке).

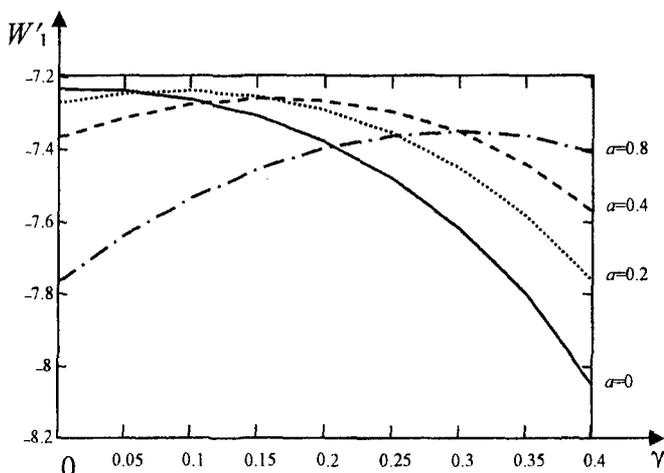


Рисунок 2

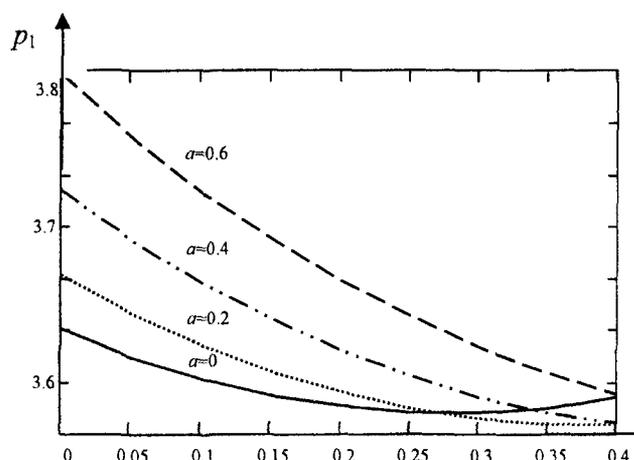


Рисунок 3

Анализ графического материала показывает, что относительно движения свободного конца можно сделать следующие выводы. При постоянном a рост угла наклона γ оси отверстия по отношению к оси стержня приводит к увеличению углов поворота, причем монотонная зависимость наблюдается лишь для малых a (от 0 до 0,1), при больших a наблюдается экстремум (минимум), величина которого растет с ростом a (рисунок 2).

Зависимость основной собственной частоты от γ при $a = const$, наоборот, имеет монотонный характер (снижение p при увеличении γ) при больших значениях a (от 0,2 до 0,8), при уменьшении a появляются экстремумы (минимумы), величина которых увеличивается при $a \rightarrow 0$ (рисунок 3).

Частным случаем упругого консольного стержня с вышеописанным характером неоднородности (переменности вдоль оси жесткости на изгиб) является оружейный ствол. Будем считать, что снаряд – материальная точка, а сопротивление воздуха отсутствует, тогда безразмерная дальность X полета снаряда зависит только от угла наклона β касательной к оси ствола в точке дульного среза по отношению к горизонту при постоянной скорости бросания, то есть $X_{идеал}(\tau) = \sin 2(\beta + W'(1, \tau))$. Авторы отдают себе отчет в том, что отсутствие сопротивления воздуха – идеальный случай, но он позволяет наглядно продемонстрировать зависимость дальности полета снаряда от дефектов ствола.

Если ствол имеет перекося γ и совершает упругие изгибные колебания, то безразмерная дальность стрельбы с учетом податливости рассчитывается

по формуле $X_{\text{деф}}(\tau) = \sin 2(\beta + W'(1, \tau) - \gamma)$, где $W'(1, \tau)$ – угол поворота поперечного концевого сечения в момент времени τ .

На рисунке 4 представлена зависимость относительного изменения

дальности:
$$\Delta X = \frac{X_{\text{деф}} - X_{\text{идеал}}}{X_{\text{идеал}}} \quad \text{от времени (в}$$

долях периода $T_{\text{идеал}}$ колебаний идеального ствола) при различных γ и $\beta = 45^\circ$.

Анализ численных результатов показывает, что при любой форме изогнутого ствола дальность уменьшается по сравнению с дальностью стрельбы из идеального ствола, причем уменьшение дальности тем значительнее, чем сильнее дефект – перекося оси.

За начальный момент на рисунке 4 принята форма ствола максимально выпуклого вверх, при $\tau = T/4$ ствол выравнивается и при $\tau = T/2$ максимально прогибается вниз. При этом наибольшая погрешность в дальности стрельбы достигается в начале и конце цикла ($\tau = 0$ и $\tau = T$), когда складывается наиболее неблагоприятное сочетание изгиба ствола вниз и перекося оси канала в эту же сторону. Наименьшая погрешность имеет место в момент времени $\tau = T/2$, когда изгиб ствола вверх несколько компенсируется противоположным направлением оси канала.

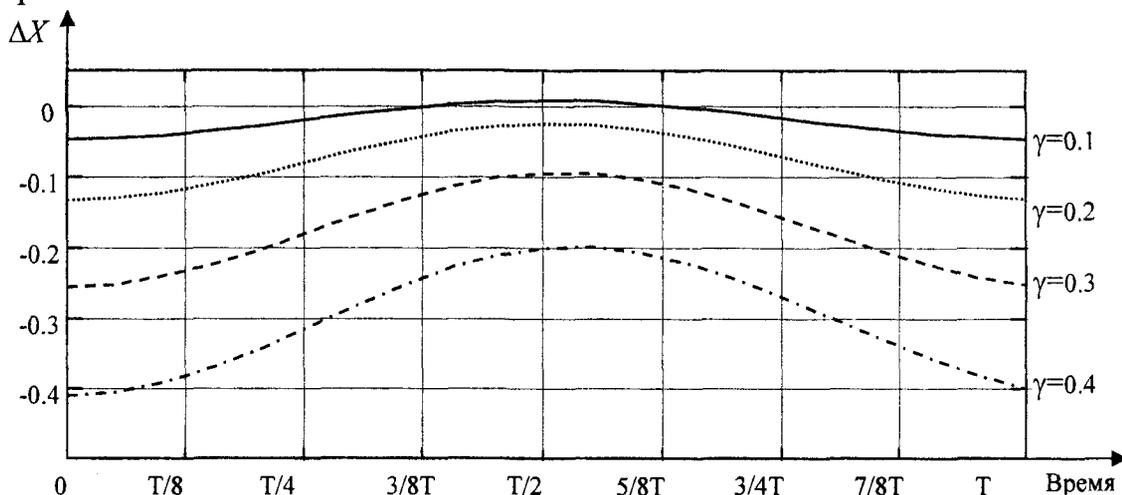
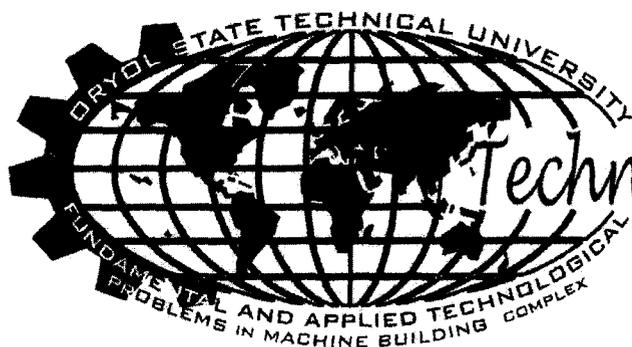


Рисунок 4

Полученные результаты позволяют производить расчёты допустимых перекося и смещений оси канала ствола, возникающих в процессе изготовления оружейных стволов.

Литература.

1. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Часть 2.– М: Высшая школа, 1964, с.19-26.
2. Гордон В.А. Собственные изгибные колебания неоднородных стержней/ Прикладные проблемы прочности и пластичности. Алгоритмизация и автоматизация решения задач упругости и пластичности. Всесоюз. межвуз. сб./ Горьк. ун–т, 1985, с.88–95.



Russia,
Orel

Technology 2007



Helsinki,
Finland

УДК 664.002.5

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТОПОРЕНИЯ БОЛТОВ И КОНТРГАЕК

Н.В. Земляков, к.т.н., доцент

Орловский государственный технический университет
Орел, тел. и fax(4862)551187, E-mail: mapp@ostu.ru

Аннотация

Орловским государственным техническим университетом запатентовано несколько стопорных резьбовых соединений повышающих надежность крепления деталей и узлов в условиях сильной и долговременной вибрации

New technologies of latching of bolts and counternuts

N.V. Zemljakov, prof., the senior lecturer

The Oryol state technical university
Eagle, ph. and fax (4862) 551187, E-mail: mapp@ostu.ru

Annotation

By the Oryol state technical university it is patented a little lock резьбовых connections raising reliability of fastening of details and units in conditions of strong and long-term vibration

В машиностроительном производстве наибольшее распространение в технике резьбового стопорения при креплении деталей и узлов, как в оборудовании для пищевого машиностроения, так и в общетехническом машиностроении получили такие технические решения, как:

- затяжка контргайки поверх крепежной гайки;
- затяжка крепежной гайки поверх пружинной шайбы;
- затяжка контргайкой лепестковой шайбы поверх крепежной гайки, с последующим загибом лепестков шайбы на грани крепежной гайки и контргайки.

Однако в процессе длительной эксплуатации машин и механизмов в условиях высокой и долговременной вибрации всегда может произойти самопроизвольное снижение надежности стопоренного устройства.

Такие ситуации чаще происходят, если стопорение осуществлено с помощью затяжки контргайки поверх крепежной гайки, а их смежные поверхности при монтаже были замаслены.

Самопроизвольное ослабление затяжки контргайки может произойти и в том случае, если между крепежной гайкой установлена пружинная шайба, так как торцевая поверхность крепежной гайки фактически удерживается лишь одним «закусом» от острой кромки пружинной шайбы. И если поверхность гайки имела большую замасленность, и узел работает в условиях большой циклической нагрузки, то надежность такого вида стопорения также не велика.

Наиболее надежным методом стопорения крепежной гайки в настоящее время считается использование специальной лепестковой шайбы, которую устанавливают между крепежной гайкой после ее затяжки и контргайкой, с последующим отгибом лепестков шайбы последовательно на грани крепежной гайки и грани контргайки. Но эта технология стопорения осуществляется не непрерывно во времени, а дискретно. И поэтому между отогнутыми лепестками шайбы и гранями крепежной и контргайки всегда будут существовать какие-то зазоры, которые при определенных условиях вибрации и циклических нагрузках, всегда могут увеличиться и, таким образом ослабить созданный натяг в резьбе, что в дальнейшем может привести к аварийной ситуации.

В ОрелГТУ на кафедре «Машины и аппараты пищевых производств» (МАПП) за последние годы разработано и запатентовано несколько устройств для высоконадежного резьбового стопорения как гаек, так и болтов, рис.1 и рис.2.

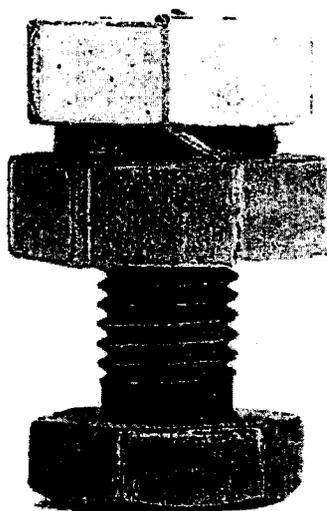


Рис.1 Стопорение гайки.

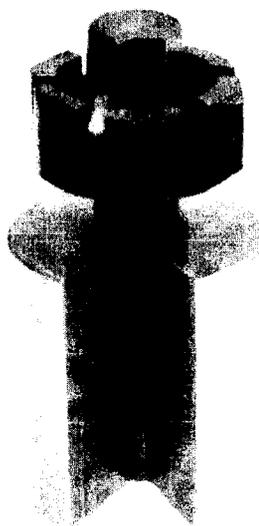


Рис.2. Стопорение болта в «глухом» отверстии.

В отличие от всех известных методов стопорения в запатентованных устройствах применен новый способ Землякова Н.В. стопорения резьбовых элементов (гаек и болтов). Гайку на резьбовом стержне можно стопорить на любом его участке резьбы, не обеспечивая обязательного упора в деталь.

Методика стопорения контргайки относительно крепежной гайки осуществляется не дискретно во времени, а непрерывно во времени, с использованием пластической деформации специального стопорного элемента.

Использование болта для крепления в глухом отверстии позволяет обеспечить высокую мобильность ремонтных работ при демонтаже.

Но наиболее перспективной технологией стопорения контргайки относительно крепежной гайки является новое изобретение ОрелГТУ «Способ Землякова Н.В. стопорения контргайки относительно крепежной гайки», рис.3.

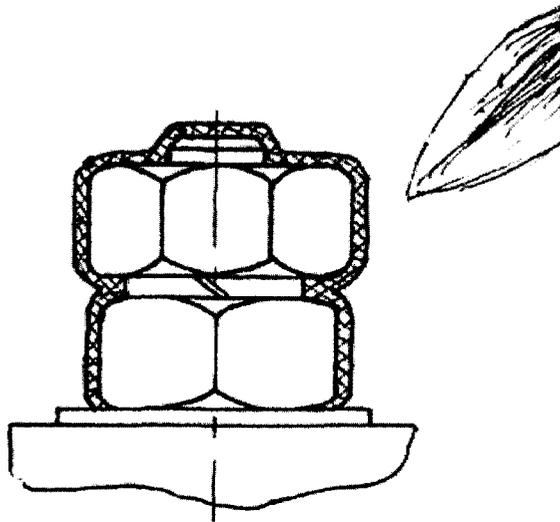
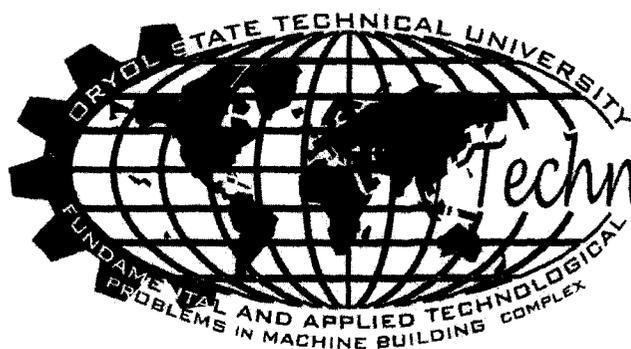


Рис.3. Способ стопорения граней контргайки относительно граней крепежной гайки.

Russia,
Orel

Technology 2007

Helsinki,
Finland

УДК 539

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ С ГАРАНТИРОВАННЫМ НАТЯГОМ, КОНТАКТИРУЮЩИХ ПО ПРЕРЫВИСТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

А.А. Моисеенко, к.т.н., доц.

Орловский государственный технический университет
Орел, тел. (4862)721551, E-mail: puare54@rambler.ru

Аннотация

В статье представлена математическая модель напряженно-деформированного состояния соединения с гарантированным натягом по прерывистой цилиндрической поверхности. В качестве универсальной модели принято соединение полого зубчатого вала со ступицей. Расчеты показали достаточную прочность такого соединения - снижение контактной прочности гораздо ниже, чем уменьшение площади контакта.

INVESTIGATION OF CONSTRUCTIONAL STRENGTH OF JOINTS WITH GUARANTEED INTERFERENCE FIT ON DISCONTINUOUS CYLINDRICAL SURFACE

A.A. Moiseenko, Dr.

Oryol State Technical University
Oryol, tel. (4862)721551, E-mail: puare54@rambler.ru

Annotation

In the article the mathematical model of stressed-deformed condition with guaranteed interference fit on the discontinuous cylindrical surface is submitted. As universal model is accepted the connection of the cored toothed shaft with a hub. The calculations have shown viability and sufficient strength of such connection - easing of contact strength is rather slower than decrease of contact area.

В современном машиностроении в конструкциях машин и механизмов со-единения с гарантированным натягом широко распространены в качестве неподвижных соединений. При посадке охватывающей детали (ступицы) с меньшим диаметром отверстия на охватываемую деталь (вал) возникает изученное плоское напряженно-деформированное состояние (НДС) соединения (решение Ляме [1]).

Как известно большие трудности возникают при проектировании тяжелых многоступенчатых зубчатых редукторов с шевронными зубчатыми колесами. При центральной посадке с гарантированным натягом колеса предыдущей ступени на шевронной вал-шестерне последующей ступени выход червячной фрезы l имеет значительную осевую протяженность. Это при условии посадки колеса на непрорезанную поверхность (рис. 1 а) значительно увеличивает расстояние L между опорами (подшипниками) вал-шестерни и общую ширину редуктора. Стремление к сокращению этой ширины приводит к необходимости допустить выход червячной фрезы на посадочную поверхность с двух сторон (рис. 1 б). Однако в этом случае неполнота контакта не превышает, как правило, 15-25%.

Такая проблема возникла при проектировании в машиностроительной фирме «СПИН» (г. Орел). И было принято и реализовано решение о посадке зубчатого колеса предыдущей ступени на частично прорезанную (прерывистую) цилиндрическую поверхность вал-шестерни последующей ступени. Неполнота контакта составила в этом случае 60-70%. Новизна такого радикального конструктивного решения, с одной стороны, и отсутствие разработанных современных методов расчета соединений с натягом с макропрерывистым контактом, с другой стороны, вызвали необходимость настоящего исследования.

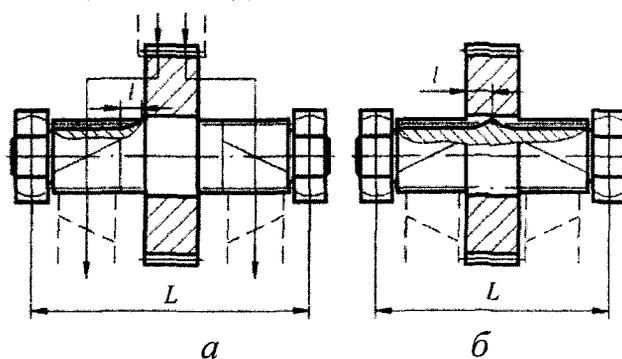


Рис. 1. Центральное расположение зубчатого колеса между полушевронами вала-шестерни

Преодоление «боязни» посадки по прерывистым цилиндрическим поверхностям может дать компоновочные преимущества и общий положительный эффект и в других конструкциях.

На рис. 2 изображено нормальное сечение соединения с гарантированным натягом полого зубчатого вала со ступицей, принятого в качестве универсальной расчетной модели.

Сформулируем граничные условия для вала и ступицы: на контуре вала и ступицы вне контакта напряжения равны нулю, а в контакте напряжения на контуре вала и ступицы равны, касательные перемещения равны по величине и направлению, а сумма нормальных перемещений равна радиальному натягу.

Сформулируем условия на границах вала и ступицы в общей форме -

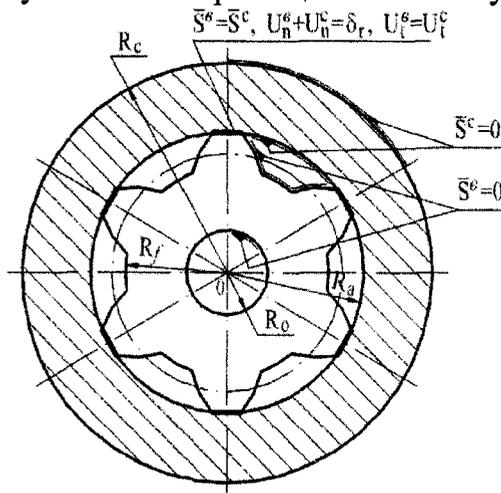


Рис. 2. Соединение с гарантированным натягом полого зубчатого вала со ступицей

в граничных интегральных уравнениях (ГИУ). Обозначим $\bar{S}_j^{\sigma}(\bar{S}_{\eta}^c)$ – вектор напряжения в произвольной (в том числе и на контуре отверстия) точке $j(\eta)$ на контуре вала (ступицы); $\bar{U}_j^{\sigma}(\bar{U}_{\eta}^c)$ – вектор перемещения в произвольной точке $j(\eta)$ на контуре вала (ступицы).

Тогда

$$\bar{S}_j^{\sigma} = \int_{L_{\sigma}} \bar{s}_{ji} \cdot \bar{f}_i dl_i, \quad (1)$$

$$\bar{S}_{\eta}^c = \int_{L_c} \bar{s}_{\eta\xi} \cdot \bar{f}_{\xi} dl_{\xi}, \quad (2)$$

$$\bar{U}_j^{\sigma} = \int_{L_{\sigma}} \bar{u}_{ji} \cdot \bar{f}_i dl_i, \quad (3)$$

$$\bar{U}_{\eta}^c = \int_{L_c} \bar{u}_{\eta\xi} \cdot \bar{f}_{\xi} dl_{\xi}, \quad (4)$$

где L_{σ} – контур (граница) вала, включая отверстие; L_c – контур (граница) ступицы, внутренний и внешний; $i(\xi)$ – индекс текущей точки вала (ступицы), в которой приложена распределенная фиктивная нагрузка $\bar{f}_i(\bar{f}_{\xi})$ на элементе $dl_i(dl_{\xi})$; $j(\eta)$ – индекс фиксированной точки вала (ступицы), в которой определяют напряжения и перемещения от $\bar{f}_i(\bar{f}_{\xi})$; $\bar{s}_{ji}(\bar{s}_{\eta\xi})$ – функция влияния равная по величине и направлению напряжению в точке $j(\eta)$ от приложенной единичной силы в точке $i(\xi)$; $\bar{u}_{ji}(\bar{u}_{\eta\xi})$ – функция влияния равная по величине и направлению перемещению в точке $j(\eta)$ от

приложенной единичной силы в точке $i(\xi)$.

С учетом введенных обозначений условия на границах примут вид:

– вне контакта:

$$\bar{S}_j^g = 0, \quad (5)$$

$$\bar{S}_\eta^c = 0, \quad (6)$$

– в контакте:

$$\bar{S}_j^g - \bar{S}_\eta^c = 0, \quad (7)$$

$$U_{jt}^g + U_{\eta t}^c = 0, \quad (8)$$

$$U_{jn}^g + U_{\eta n}^c = -\delta_r, \quad (9)$$

где δ_r – радиальный натяг; j – текущая точка на контактной границе вала, а η – совпадающая с ней точка на контактной границе ступицы.

Таким образом, напряжения и перемещения на границах вала и ступицы связаны ГИУ (5) – (9). Решив систему (5) – (9), можно определить напряжения и деформации на границе вала и ступицы (а в общем случае – параметры напряженно-деформированного состояния в любой точке вала и ступицы).

За условное разрушение соединения с гарантированным натягом примем недопустимое изменение взаимного положения соединенных деталей после его нагружения. Тогда конструкционная прочность соединения с гарантированным натягом есть способность противостоять разрушению при действии заданной нагрузки в течение заданного времени. Показателями конструкционной прочности соединения деталь-ступица, закрепленной на валу являются предельная сдвигающая сила и предельные крутящий и изгибающий моменты.

Введем понятие коэффициента конструкционной прочности данного соединения. Назовем **коэффициентом прочности** C_0 отношение предельных нагрузок соединения по прерывистой поверхности к предельным нагрузкам соединения по полной поверхности при постоянстве длин посадки, материалов соединенных деталей и соотношений их параметров: $\frac{\delta}{R_a}$, $\frac{R_0}{R_a}$ и

$$\frac{R_c}{R_a}.$$

$$C_0 = \frac{F'_{np}}{F^0_{np}} = \frac{M'_{к np}}{M^0_{к np}}, \quad (10)$$

Обозначим $C_l = \frac{S'}{S}$, где C_l – коэффициент полноты контакта, S – площадь полной поверхности контакта, S' – площадь прерывистой поверхности контакта.

Следовало ожидать, что прочность соединения зубчатого вала ($h_3^* \neq 0$ – отношение высоты зуба к модулю) со ступицей по сравнению с прочностью соединения по полной поверхности будет ниже (C_0 уменьшится) при всех прочих равных условиях. Основная причина для этого – дополнительная

упругая деформация зубьев, как стержней. Расчеты с помощью программы «PRESS» подтвердили эти ожидания (предположения). Нами исследовались соединения с зубчатыми валами, зубья которых образованы следующими исходными контурами (нумерация проведена по возрастанию высоты зуба):

- 1 – эвольвентные шлицы – $h_3^* = 1,1$, ГОСТ 6033-80*;
- 2 – зацепление Новикова – $h_3^* = 1,65$;
- 3 – зацепление Новикова – $h_3^* = 1,95$;
- 4 – эвольвентное зацепление – $h_3^* = 2,25$, ГОСТ 13755-81 .

На рисунке 3 полыми кружками изображены результаты расчетов для контуров 1–4 при $z = 12$, $\frac{R_c}{R_a} = 1,6$.

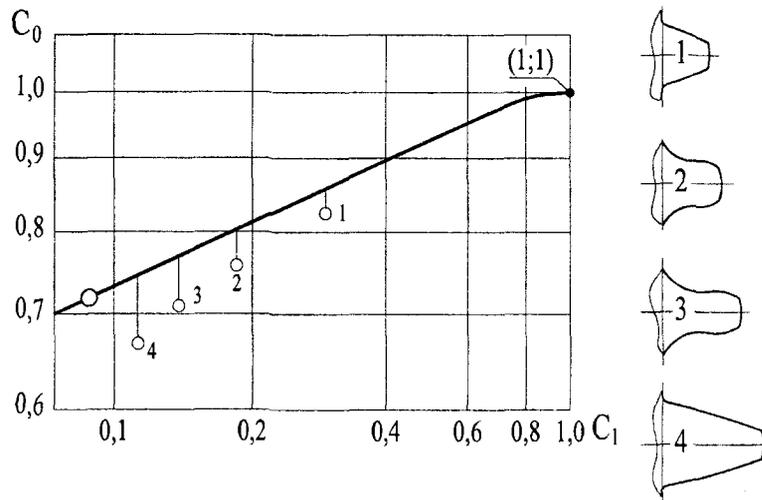


Рис. 3. Влияние высоты зуба h_3^* на коэффициент прочности C_0
($z = 12$, $R_0 = 0$, $\frac{R_c}{R_a} = 1,6$)

Сплошная линия относится к соединению с гладким валом для тех же параметров z , R_0 , и $\frac{R_c}{R_a}$. Здесь z - число зубьев вала, R_0 , R_a , R_c - параметры соединения (см. рис.2).

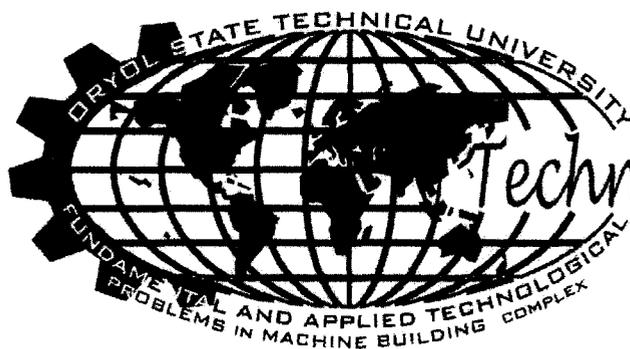
Из рисунка 3 видно, что коэффициент прочности C_0 данного соединения тем ниже, чем больше высота зубьев.

Расчеты показали, что коэффициент прочности C_0 значительно выше коэффициента относительного контакта C_1 , т.е. снижение прочности соединения происходит медленнее снижения площади контакта в соединении: так $C_1 = 0,1 \dots 0,25$ соответствует $C_0 = 0,67 \dots 0,78$. Следовательно, в связи с высокой конструкционной прочностью классических (непрерывных) соединений с натягом конструкционная прочность соединения с прерывистым контактом остается достаточно высокой.

Результаты проведенных исследований: программа «PRESS» и инженерный метод расчета внедрены в производство машиностроительной фирмой ООО «СПИН» (г. Орел), поставившей в эксплуатацию на металлургические комбинаты России («ММК», «НЛМК», «НТМК» и «Северсталь») 50 тяжелых крановых редукторов ВКУ-965П. В редукторах произведена бесшпоночная посадка зубчатого колеса на центральную часть шевронной вал-шестерни, прорезанную впадинами зубьев. Результаты исследований приняты к использованию на Майкопском и Ижевском редукторных заводах.

Литература

1. Тимошенко С.П. Сопротивление материалов. – Т.2. – М., 1965.

Russia,
OrelHelsinki,
Finland

Technology 2007

УДК 620.179.1.082.7:658.58

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ НОВЫХ ПОДШИПНИКОВ ПОСЛЕ ПРИРАБОТКИ И ИЗУЧЕНИЕ ИХ МИКРОРЕЛЬЕФА С ПОМОЩЬЮ МИКРОСКОПА

В.В. Семёнов, студент; А.И. Викторов, аспирант; А.М. Сидоров, аспирант.
Орловский государственный технический университет
Орел, тел. (4862) 419876, факс (4862) 416684, E-mail: astronelvs@mail.ru

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE BEARING'S ROLLING AND INVESTIGATION OF THE BEARING'S WORKING SURFACE

V.V. Semenov, student; A.I. Viktorov, post-graduate student;
A.M. Sidorov, post-graduate student.
Orel State Technical University
Orel, tel. (4862) 419876, fax (4862) 416684, E-mail: astronelvs@mail.ru

Experimental research, which main aim is to find out defects in the structure of the bearing's rolling. Second aim is to find out differentia's before and after extra earning of the bearing's.

Новые подшипники, соответствующие всем требованиям входного контроля, устанавливаются в изделие, но подшипник, как объект диагностирования, является достаточно сложной многокомпонентной системой, содержащей большое количество деталей, совершающих сложные относительные перемещения при взаимодействии друг с другом. При этом характер взаимодействия отдельных деталей подшипника, определяющий его эксплуатационные характеристики, зависит от комплекса одновременно действующих факторов.

Факторы, характеризующие качество изготовления подшипника. При изготовлении деталей подшипника каждый размер выполняется по определенному полю допуска. Здесь так же нужно учитывать отклонения от правильной геометрической формы, расположения рабочих поверхностей, их

микрogeометрии и свойствах материалов. Таким образом, подшипник имеет индивидуальное сочетание действительных значений размеров и параметров, микрogeометрии рабочих поверхностей, свойств материалов, которые существенно влияют на свойства подшипника и определяют фактические значения их эксплуатационных показателей.

Факторы, характеризующие качество изготовления подшипникового узла. Во время установки подшипника в узел происходит изменение его геометрических параметров в местах посадки, что в свою очередь приводит к изменению условий его работы по сравнению с условиями сложившимися после сборки самого подшипника и может привести к выходу из строя не только самого подшипника, но и всего узла.

Факторы, характеризующие эффективность работы системы смазывания. Состояние подшипника при высоких скоростях и высокой нагрузке во многом зависит от свойств смазочного материала. Химический состав, его количество, наличие примесей и присадок, метод смазывания – перечисленные факторы оказывают непосредственное действие на эксплуатационные свойства подшипника и узла в целом.

Факторы, характеризующие режимы и условия работы подшипника. Сюда относят нагрузку на подшипник, частоты вращения колец и параметры окружающей среды, которые характеризуют условия эксплуатации.

Важен тот факт, что состояние подшипника не определяется каждой группой факторов в отдельности, а лишь комбинацией их действительных значений всех этих факторов. Если учитывать случайный характер многих из них, то очевидным, что предсказать эту комбинацию достоверно не представляется возможным, а значит, наиболее действенным методом по борьбе с нежелательными эффектами является экспериментальное исследование и статистическая обработка информации, дающая достоверные сведения реального состояния подшипника.

После установки подшипника в узел изделие проходит технологическую обкатку, в процессе которой подшипники прирабатываются. Только после завершения приработки изделие вводится в эксплуатацию.

Для изучения изменения свойств подшипника и изучения свойств процесса приработки используется многофункциональная установка, обеспечивающая возможность, наряду с моделированием различных макроотклонений дорожек качения колец подшипника, имитировать ряд конструктивных параметров и технологических погрешностей изготовления и сборки двухопорных подшипниковых узлов. Установка имеет следующие характеристики:

- диапазон моделирования отклонения от круглости дорожек качения колец – до 200 мкм;
- диапазон моделирования отклонения от соосности – до 300 мкм;
- диапазон моделирования натяга в сопряжении – до 100 мкм;

- основная погрешность задания деформации и смещения кольца подшипника не более 2 мкм;
- диапазон регулирования радиальной нагрузки- 0...250 Н;
- погрешность задания нагрузки – не более 2%;
- диапазон регулирования частоты вращения вала – 0... 100 Гц.

Установка (рис.1) представляет собой двухопорный узел с подшипниками. Одна опора неподвижно зафиксирована на основании, другая же сделана подвижной в плоскости, перпендикулярной оси вращения вала. Исследуемый подшипник является одной из опор узла.

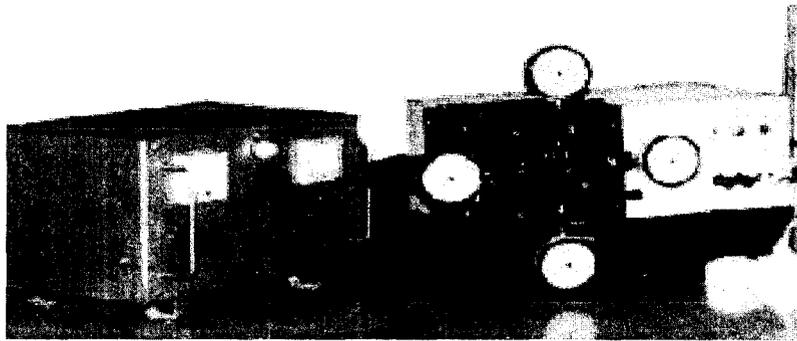


Рисунок 1 – Внешний вид экспериментальной установки

Для обеспечения оценки состояния подшипника электрическими методами установка снабжена токосъемным устройством, имеется устройство измерения и стабилизации частоты вращения вала.

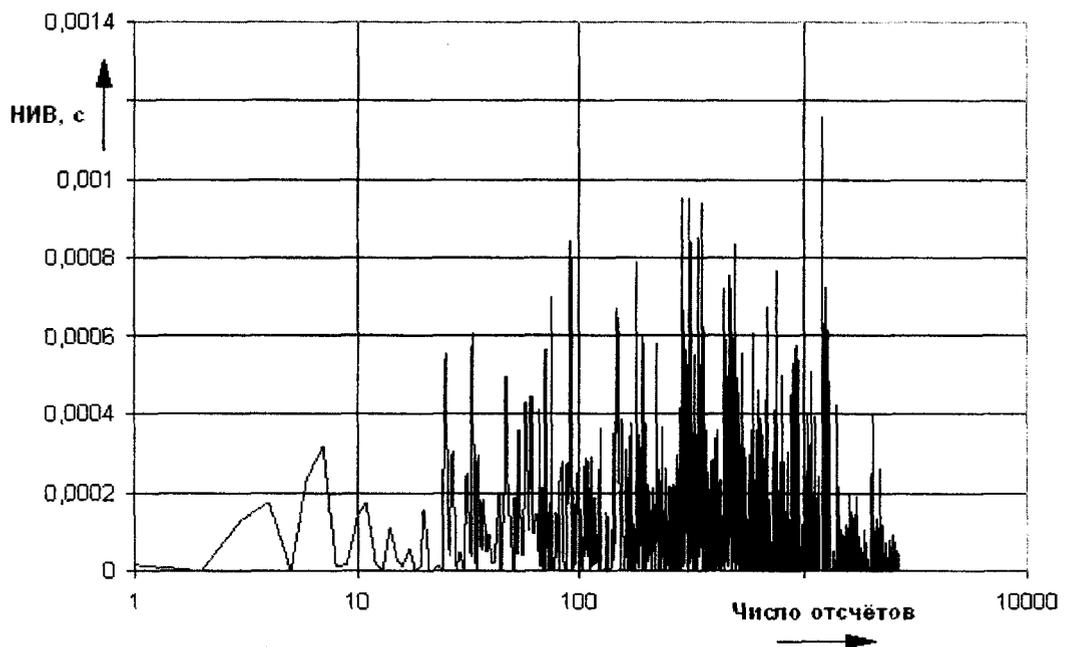


Рисунок 2 – Диаграмма приработки подшипника 1

В качестве измерительного оборудования при проведении экспериментальных исследований использовались универсальные серийно выпускаемые приборы и оригинальное диагностическое оборудование. Для адаптации к задачам проводимых экспериментальных исследований оно было снабжено каналом ввода данных с измерительного устройства в ЭВМ с целью

последующей обработки измерительной информации в соответствии с требованиями алгоритмов диагностирования.

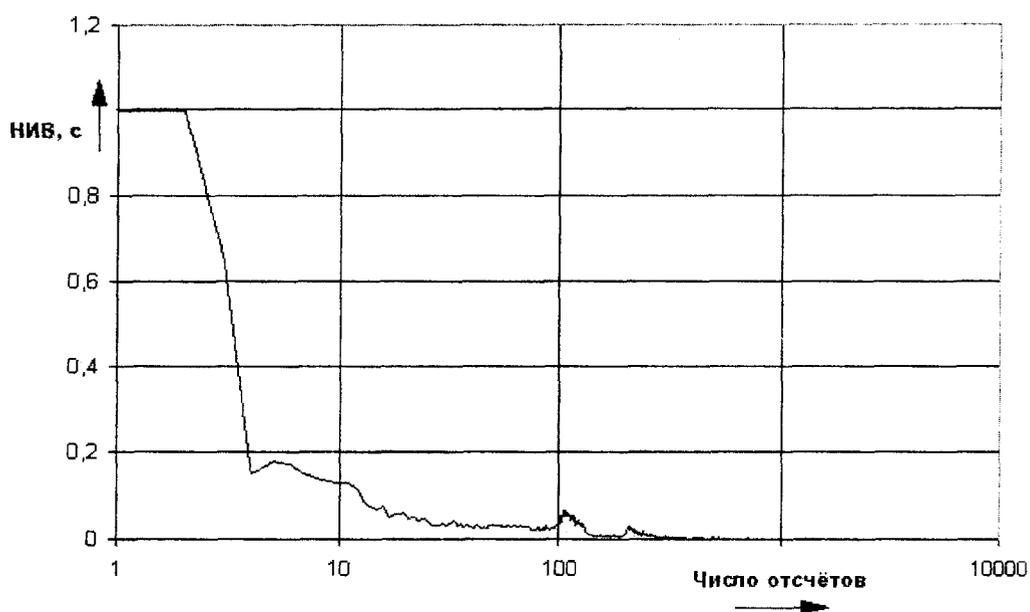


Рисунок 3 – Диаграмма приработки подшипника 2

Методика проведения эксперимента.

- 1 Установить исследуемый подшипник в установку.
- 2 Нагрузить исследуемый подшипник (нагрузка составляет 50 Н).
- 3 Изменением напряжения выбрать требуемую условиями эксплуатации частоту вращения.
- 4 Подключить систему сбора данных, фиксирующую значения параметра НИВ раз в секунду.
- 5 Прекратить приработку при установлении $НИВ = 0$. Но приработка должна проводиться не менее 30 мин., даже при соблюдении первого условия.

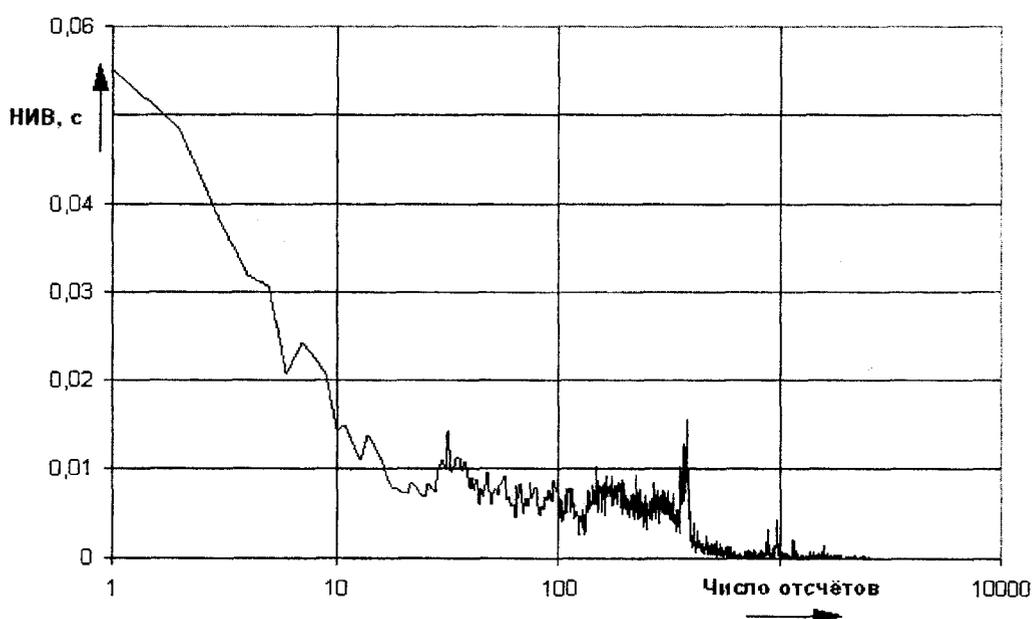


Рисунок 4 – Диаграмма приработки подшипника 3

В результате контроля параметра НИВ во время приработки были получены следующие диаграммы (рисунки 2 – 5).

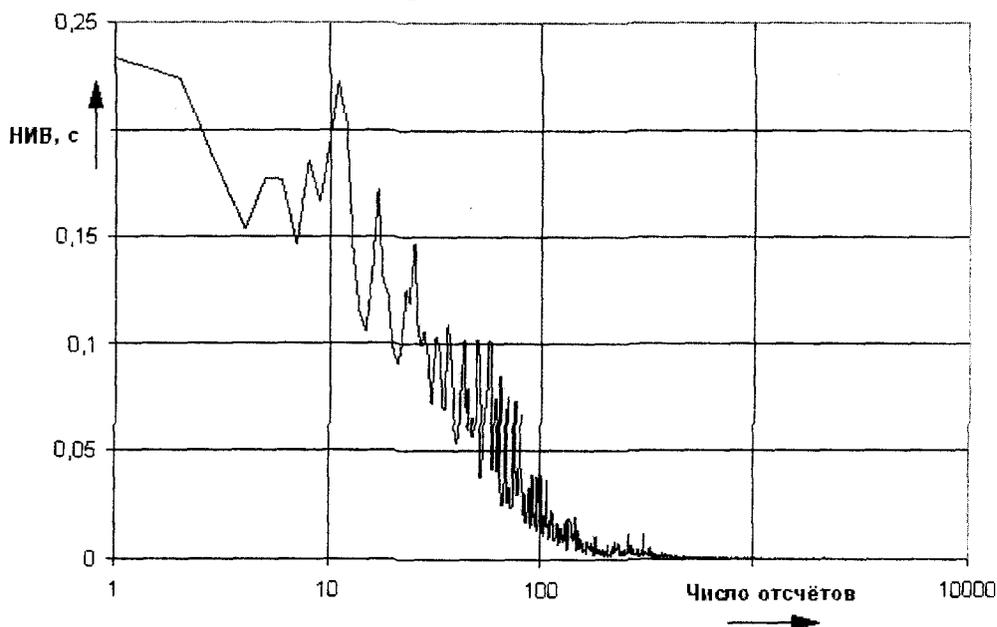


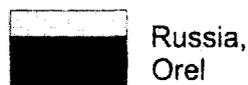
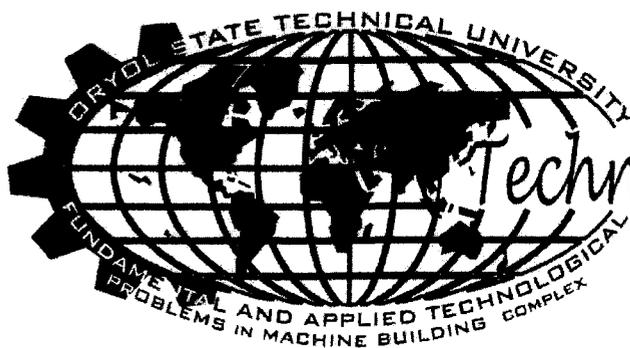
Рисунок 5 – Диаграмма приработки подшипника 4

В результате проведения экспериментов была практически реализована методика приработки и диагностирования подшипников качения.

Экспериментально было определено время, необходимое для приработки подшипников 6900 при их рабочей нагрузке 50 Н. Это время составило 40 минут.

Литература

1. ГОСТ 18855-94. Подшипники качения. Динамическая расчетная грузоподъемность и расчетный ресурс (долговечность). - Минск: ИПК Изд-во стандартов, 1996. - 28 с.
2. Подмастерьев К.В. Диагностирование подшипников и подшипниковых узлов электрофлюктуационными методами // Элементы и приборы систем измерения и управления автоматизированных производств: Межвуз. сб. науч. тр. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. техн. ун-та, 1995. - Вып. 2.
3. Подмастерьев К.В. Выбор критерия комплексной оценки качества опор качения // Новое в теории точности и качества машин и приборов. - Вып. 6 / Институт проблем машиноведения РАН. - Препринт 132. - С.-Петербург, 1996.
4. Захаров М.Г., Подмастерьев К.В. Метод и средство комплексного диагностирования опор качения // Инженерно-физические проблемы авиационной и космической техники: Тез. докл. МНТК.- Егорьевск, 1995.
5. Подмастерьев К.В., Мишин В.В. Установка моделирования дефектов посадочных мест подшипников качения // Сборник научных трудов. Том 5. - Орел: Орловский государственный технический университет, 1995. - С. 86-92.
6. Патент 2110055 РФ, МПК G01 M13/04. Установка для исследования подшипников качения / К.В. Подмастерьев, В.В. Мишин. - Опубл. 27.04.98, Бюл. № 12.



Russia,
Orel



Helsinki,
Finland

Technology 2007

УДК 669.018.2

КРЕМНИСТЫЕ БРОНЗЫ - СПЛАВЫ С ВЫСОКИМИ ДЕМПФИРУЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ

Е. И. Шешунова, студентка

Самарский Государственный Технический Университет
г. Самара, тел. (846) 242-2889, E-mail: mvm@samgtu.ru

Аннотация

В Самарском Государственном Техническом Университете исследовалась демпфирующая способность кремнистых бронз марок БрК5ЖЦС и БрК6Мц и предложение их в качестве экономичного заменителя оловянных бронз. Демпфирующая способность БрК6Мц меньше оловянной бронзы БрО22, но у БрК6Мц более высокая пластичность ($\delta=6-8\%$). Для колоколов рекомендуем использовать кремнистую бронзу БрК6Мц.

SILICON BRONZES IS HIGH-DAMPING ALLOYS

E.I. Sheshunova, student Samara State Technical University,
Samara, tel. (846) 242-2889, E-mail: mvm@samgtu.ru

Annotation

Damping capacity of silicon bronzes was investigated by Samara State Technical University. Silicon bronze has damping capacity less than tin bronzes, but plastic properties of silicon bronzes - higher tin bronzes ($\delta=6-8\%$). It was found that silicon bronzes is a economic perspective material for bells.

Красота тембра и длительность звучания колокола - основные акустические параметры качества. Эти требования реализуются при низком затухании звука (малом внутреннем рассеянии энергии колебаний).

Известно, что «звучающая» колокольная бронза, представляет собой двойной сплав меди с 21-23% (масс.) Sn и не более 1-2% примесей. Указанный состав бронзы является оптимальным. Основным недостатком оловянных бронз является их дороговизна, малая пластичность и дефицитность олова.

В нашей работе задачей стало исследование демпфирующей способности кремнистых бронз марок БрК5ЖЦС и БрК6Мц и предложение

их в качестве перспективного экономического заменителя оловянных бронз. Высококремнистые бронзы отлично обрабатываются резанием и хорошо переносят обработку давлением, как в горячем, так и холодном состоянии, что важно при гравировке и чеканке. Они хорошо свариваются, легко паяются мягкими и твёрдыми припоями. Кремнистые бронзы устойчивы в атмосфере и в естественных пресных водах вследствие образования защитных плёнок. Скорость коррозии увеличивается лишь при увеличении температуры выше 60° . Кремнистая бронза обладает хорошей жидкотекучестью и более высокими механическими свойствами, чем оловянистые.

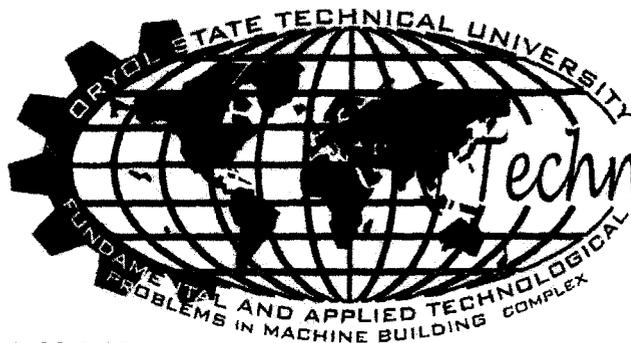
Для сравнения демпфирующей способности и основных механических характеристик были взяты бронзы: алюминиевая БрА13МцЗТ, оловянная БрО22 и кремнистые БрК5ЖЦС и БрК6Мц. Все опыты проведены на бронзах, как в литом состоянии, так и после термической обработки, состоящей в закалке с последующим искусственным старением. Демпфирующая способность определялась на приборе ИВТ-1, в которой крутящие колебания находятся в диапазоне амплитуд при относительном угле сдвига $(1-0,01) \cdot 10^{-3}$.

По результатам экспериментов можно сказать, что наименьшей демпфирующей способностью обладает бронза БрК6Мц после закалки от 750°C и старения при 450°C в течение 2 часов. Демпфирующая способность БрК6Мц меньше демпфирующей способности оловянной бронзы БрО22 на 25-30%. Однако пластические свойства кремнистой бронзы более высокие ($\delta=6-8\%$), чем у оловянистой бронзы, которая при испытании на растяжение разрушается при напряжениях меньше $\sigma_{0,02}$.

Микротвёрдость измерялась на приборе ПМТ-3 при нагрузке 100г. и результаты представлены в таблице 2. Микротвёрдость у БрК6Мц после старения - 245 - 285 кг/мм², после закалки - 206 кг/мм². У БрК5ЖЦС после старения 185-190 кг/мм², закалки - 180 кг/мм².

Микроструктура кремнистых бронз представляет собой дендритные зёрна α -твёрдого раствора легирующих элементов в меди с ГЦК решёткой сложного состава и эвтектид ($\alpha+\gamma$). Рентгеноструктурный анализ проводился на установке ДРОН-2,0 в FeK_α -излучении при ускоряющем напряжении $U_a=20\text{mA}$, скорости вращения счётчика-2 °/мин, скорости движения ленты - 720 мм/час. Расшифровка дифрактограмм выявила γ и α -фазы в бронзе БрК5ЖЦС после закалки и старения и в БрК6Мц после закалки, γ и α — медно-кремниевые фазы, отличающиеся параметрами решётки и расположением плоскостей. В бронзе БрК6Мц, подвергнутой старению, присутствует фаза Cu_5Si .

На основании проведённых нами экспериментов рекомендуется использовать безоловянистую бронзу БрК6Мц для изготовления колоколов.



Russia,
Orel



Helsinki,
Finland

Technology 2007

УДК.621.926.88

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ВИХРЕВЫХ МЕЛЬНИЦ

В.С. Ванин, к.т.н., доцент, В.В.Галаган, доцент, к.т.н.,
А.С.Дьяченко, В.А.Данилов

Орловский государственный технический университет
Орел, тел.(4862) 551187, fax (4862) 551187, E-mail: mapp@ostu.ru

Аннотация

В данной работе ставится задача совершенствования конструктивно-технологической схемы вихревых мельниц путем подбора оптимальных размеров технологических органов и режимов работы измельчителя.

JET-TYPE MILL DESIGN-TECHNOLOGICAL SCHEME DEVELOPMENT

V.S. Vanin , V.V. Galagan, A.S. Dychenko, V.A.Danilov
Oryol State Technical University

Oryol, tel.(4862) 551187, fax (4862) 551187, E-mail: mapp@ostu.ru

Annotation

The given work poses a problem of jet-type mill design- technological scheme development by the assortment of optimal sires of technological elements and operating modes of crushing machine

Как пример совершенствуемого оборудования взята мельница УЛЬТРА – РОТОР производства компании “Альтенбурген Машинен”. Конструкция мельницы основана на принципе воздушной турбулентности, который уже многие годы используется в различных областях промышленности, где требуется измельчение.

Целью представленной работы является снижение материальных и энергетических затрат процесса измельчения путем совершенствования

конструктивно-технологической схемы обоснования параметров и режимов работы измельчителя (Ультраротор). Конструктивно мельница состоит из ротора, оснащенного специальными пластинами, который вращается с высокой скоростью внутри цельного, но сменного статора. Благодаря пластинам ротора и конструкции гильзы статора, частицы приобретают очень высокую скорость.

Механическая конструкция консервативна, что позволяет мельнице безопасно работать в критических условиях и при высоких пиковых нагрузках. Также к достоинствам этих мельниц можно отнести: эффективность использования энергии, устойчивость и неприхотливое техническое обслуживание.

Аэродинамический поток обеспечивает тонкое дробление материалов. К устройствам, использующим данный поток, относят измельчители, имеющие в своем составе специальные узлы для организации воздушных потоков ввода в них измельчаемого материала и вывода измельченных продуктов. Для оптимизации параметров работы измельчителя была предложена экспериментальная установка (Рис.1)

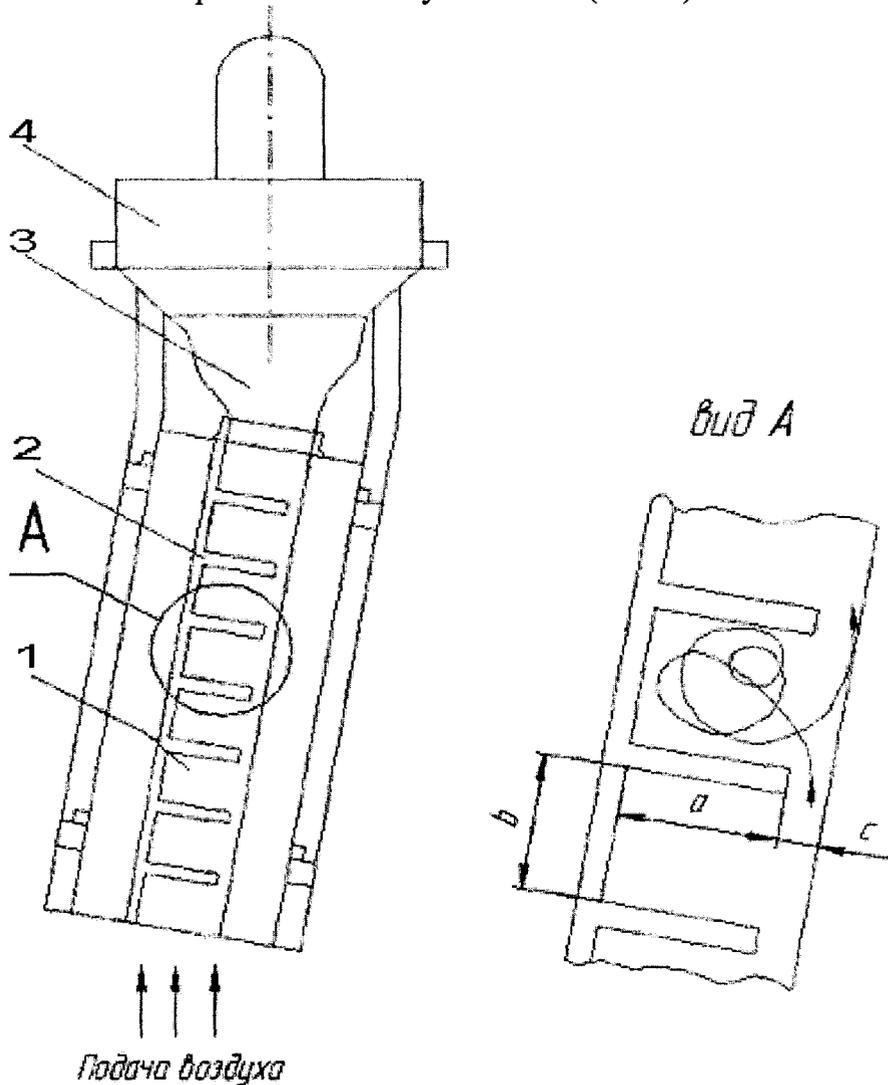


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки.

Вид А – Камеры измельчителя; 1– ячейки измельчителя; 2–пластины ротора; 3– выходной патрубков; 4– вентилятор.

В данной установке основным носителем энергии является воздух, поступающий от компрессора. Способ размола заключается в механическом разгоне материала и его самоизмельчении без воздействия размольных органов, что обеспечивает минимальные затраты энергии на измельчение, малый износ рабочих деталей измельчителя и практически исключает засорение готового продукта металлом. Измельчаемый материал засыпается в ячейки (1). За счет движущегося потока воздуха частицы разгоняются в вихревой камере (вид А), где идет процесс измельчения материала за счет трения по поверхности частиц друг с другом. Благодаря установленному на выходе вентилятору (4), который обеспечивает движение измельчающего материала, измельченные до нужных размеров частицы отводятся через выходной патрубок (3), остальные частицы возвращаются в измельчитель на домол.

При объяснении механизма дробления обычно обращают внимание на измельчение частиц при их лобовом соударении, в результате которого частицы движутся плотными группами, следовательно, проявляется взаимное влияние частиц друг на друга. Однако установлено, что при движении каждой твердой частицы по данной установке вокруг нее располагается около 10000 частиц объемов воздуха. Таким образом, движение этой частицы можно рассматривать как движение одиночных частиц. В этом случае можно утверждать, что лобовые столкновения измельчаемого материала реализуются довольно редко. Это свидетельствует о том, что основное измельчение частиц должно быть не ударным, а истирающим.

Благодаря тому, что экспериментальная установка наклонена на определенный угол не наблюдается зависания частиц в камере и их движение подвержено воздействию центробежных сил. Касательные напряжения, возникающие на поверхности трущихся частиц аналогичны напряжениям внутреннего трения в жидкости. Для получения представления о внутреннем трении в жидкости воспользуемся гипотезой Ньютона. Согласно этой гипотезе сопротивление движению твердых тел в жидкости (R) и касательные напряжения истирания (τ), вызванные внутренним трением, определяются выражениями:

$$R = \mu \cdot F \cdot \frac{dV}{dr}, \text{ (Н);}$$

$$\tau = \frac{R}{F} = \mu \frac{dV}{dr}, \text{ (Па);}$$

где $\frac{dV}{dr}$ - производная от скорости (V) по направлению (r), нормальному к направлению скорости;

μ - динамическая вязкость жидкости;

F - площадь поверхности трения слоев жидкости.

В нашем случае определение динамическая вязкость жидкости равнозначно понятию удельного сопротивления движению и истиранию частиц. Для задачи измельчения эта величина является физической характеристикой потока, зависящей от концентрации твердых частиц и их прочности по отношению к деформациям истирания.

В конструкции измельчителя предусмотрена возможность регулирования тонкости помола.

Ячейки измельчителя могут регулироваться за счет пластин (2) входящих в их состав: по высоте расположения, длине и величине зазора между пластиной и корпусом.

При проведении ряда экспериментов было установлено, что наиболее оптимальным режимам работы экспериментальной установки и тонкости помола (исходный продукт – шамотный кирпич) будут соответствовать следующие числовые характеристики (см. вид А рис.1):

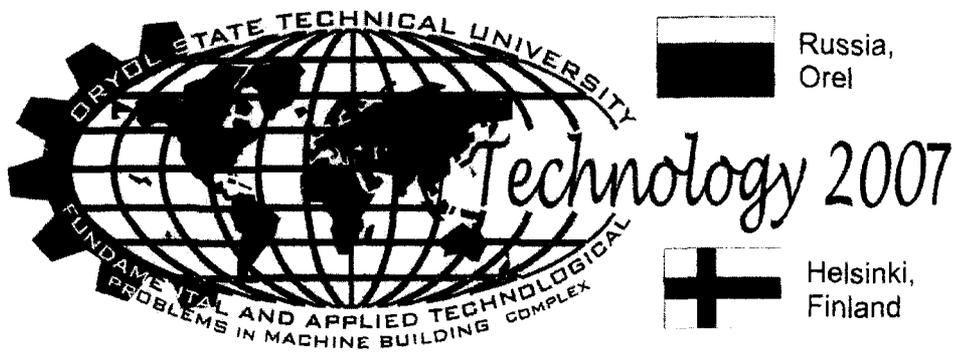
- длина пластины $a = 95-97$ мм;
- расстояние между пластинами $b = 95$ мм;
- расстояние между пластиной и корпусом установки $c = 4$ мм.

При уменьшении бокового зазора до 2-3 мм и соответственном изменении длины пластины резко уменьшалась производительность установки, а структура конечного продукта не претерпевала изменений. При длине пластины 93-95 мм и боковом зазоре в 5-6 мм установка не обеспечивала нужной тонкости помола.

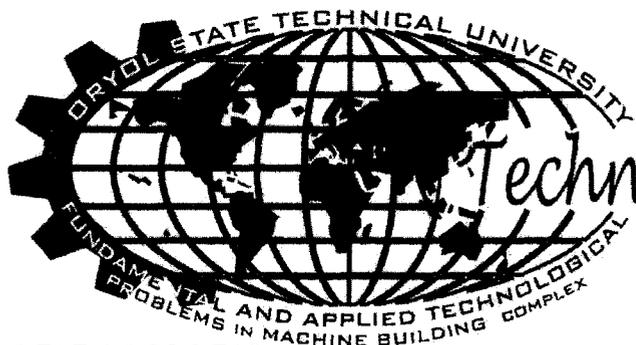
Таким образом, исходя из принципа размолки видно, что каждый измельчитель должен быть индивидуально настроен на тот материал и на то качество готового продукта, для измельчения которого он будет предназначен. При различных соотношениях данных параметров с помощью измельчителя можно получать полидисперсные материалы. Эффект тонкого измельчения достигается в основном трением самих частиц, износ компонентов самой мельницы минимален.

Данную экспериментальную установку можно рассматривать как специфичный гидродинамический аппарат, в котором реализованы конструктивные мероприятия не для уменьшения потерь энергии гидравлического потока, а для их увеличения за счет образования вихрей. В вихрях реализуются градиенты скорости воздушного потока, и происходит истирание твердых частиц по поверхности их контакта.

Совершенствование конструкции вихревых мельниц позволяет наряду с повышением качества получаемого продукта повысить эффективность использования энергии, устойчивость в работе и упростить техническое обслуживание.



**ТЕХНОЛОГИЯ
ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ**

Russia,
OrelHelsinki,
Finland

Technology 2007

УДК 336.717.16:336.713

ИНДИКАТОР БАЛАНСА ДОХОДНОСТИ И ЛИКВИДНОСТИ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА И ЕГО МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

Киричек С.В., ст. преподаватель

Орловский государственный технический университет

г. Орел, тел. (0862) 405717

Аннотация

Устойчивое развитие страны невозможно без эффективной банковской системы. Эффективность функционирования кредитно-банковской системы страны во многом определяется финансовой устойчивостью каждого коммерческого банка в отдельности, условием которой являются два взаимосвязанных фактора: высокая доходность банковского дела и ликвидность. Управлению банком и надежному прогнозированию результатов его деятельности служит индикатор баланса доходности и ликвидности, его многокритериальная оптимизация.

THE INDICATOR OF BALANCE OF PROFITABLENESS AND LIQUIDITY OF COMMERCIAL BANK AND IT(HIM) МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

Kirichek S.V., an item the teacher

Oryol State Technical University

Orel, ph. (0862) 405717

Annotation

Steady development of the country is impossible without effective bank system. Efficiency of functioning of credit - bank system of the country in many respects is defined(determined) by financial stability of each commercial bank separately which condition are two interconnected factors: high profitableness of a banking and liquidity. Management of bank and reliable forecasting of results of his(its) activity are served with the indicator of balance of profitableness and liquidity, it i is a lot of criterion optimization.

Законодательно утвержденной целью деятельности коммерческого банка является получение прибыли (Федеральный закон «О банках и банковской деятельности»), что теснейшим образом связано с обеспечением высокого уровня доходности. Непременным условием достижения основной цели деятельности банка является обеспечение высокого уровня ликвидности. В реальных условиях меры, направленные на повышение доходности, конфликтуют с действиями, направленными на повышение ликвидности. Рациональный баланс доходности и ликвидности обеспечивается в результате хозяйственно-финансовой и коммерческой деятельности банка при минимизации банковских рисков. Следовательно, необходима разработка отсутствующих в настоящее время общепризнанных методик комплексного управления доходностью, ликвидностью и риском.

Кривые, отражающие однофакторный характер взаимозависимости банковской доходности, ликвидности и риска приведены на рис. 1. Из рисунка видно, что по мере снижения рисков, связанных с инвестициями в какие-либо активы, растет ликвидность вложений (рис. 1.в) и падает их доходность (рис. 1.а). Существует некий минимальный уровень риска P_{\min} , являющийся необходимым для осуществления коммерческой деятельности банка. При уровне риска ниже P_{\min} , уровень дохода падает ниже минимума, необходимого для содержания банковских структур. Банк становится убыточным и неспособным выполнять свои обязательства.

Обратная ситуация, характеризующаяся высоким уровнем риска, также не является нормальной. При превышении критического уровня риска P_{\max} уровень ожидаемых доходов начинает существенно отличаться от уровня фактических доходов. Вследствие высокого риска банк часто не только не получает планируемых прибылей, но и может вообще потерять размещенные средства вследствие неплатежеспособности заемщика. Следствием этого является потеря финансовой устойчивости кредитной организации, которая также приводит к неспособности банка получать прибыль и выполнять свои обязательства перед клиентами.

Поскольку банки стремятся достигнуть максимально возможного уровня доходности при соответствии уровня ликвидности нормативному значению, избегая необходимости принимать на себя излишние риски, оптимальным вариантом организации их деятельности является ситуация, когда получение максимальной прибыли обеспечивается при минимально возможном риске. Наиболее информативно пространственное отображение качественной взаимосвязи между доходностью, ликвидностью и риском представлено на рис. 2.

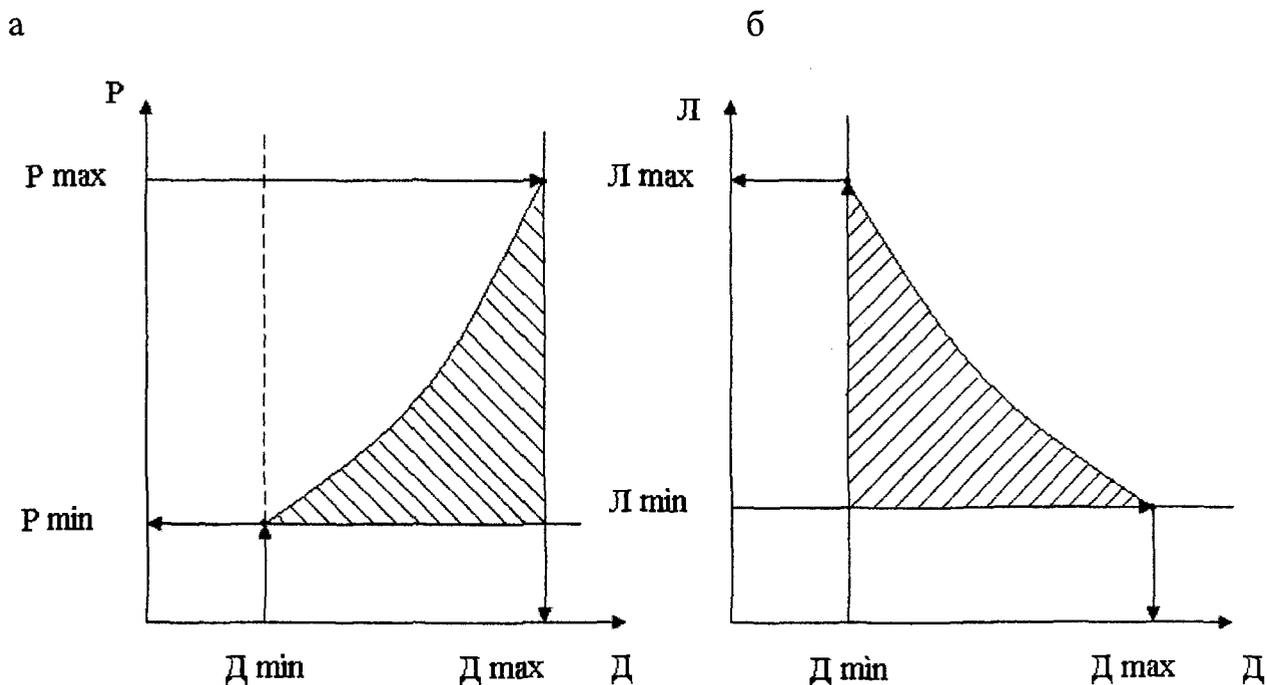
Соотношения между допустимыми диапазонами варьирования доходностью, ликвидностью и риском наиболее наглядно могут быть показаны на модели Петли Мёбиуса (рис. 3). Максимально допустимый уровень риска (P_{\max}) определяет максимально возможную доходность банка (D_{\max}), а требование к минимальному уровню доходности (D_{\min}), в

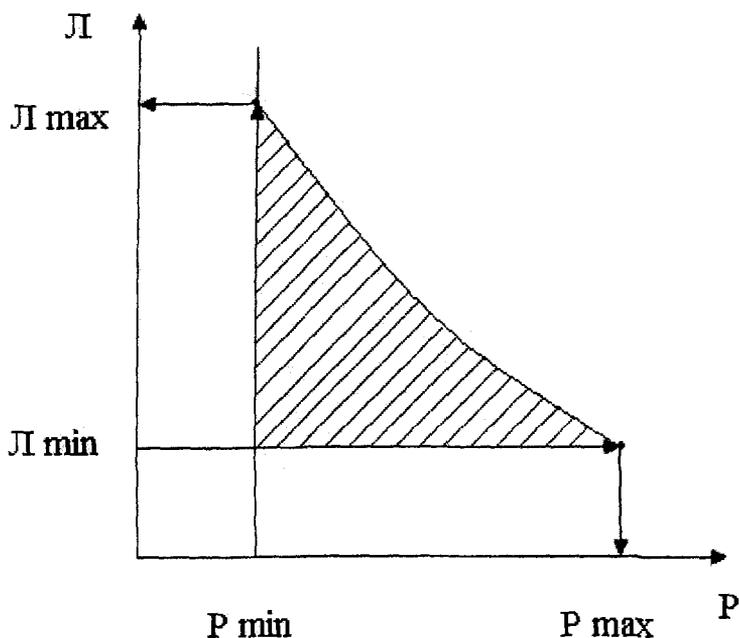
свою очередь, определяет уровень минимального риска (P_{\min}). Уровень минимально возможного риска (P_{\min}) соответствует максимальной ликвидности банка (L_{\max}), а уровень минимальной ликвидности, определяемый нормативами ЦБ РФ (L_{\min}), оказывает непосредственное влияние на допустимый максимальный уровень риска (P_{\max}).

Таким образом, коммерческий банк в своей практической деятельности всегда должен оставаться в области безопасного функционирования, ограниченной с одной стороны - обязательностью выполнения нормативов ЦБ РФ (L_{\min}), а с другой стороны – минимально необходимым уровнем дохода (D_{\max}), покрывающим расходы на осуществление собственной деятельности и содержание банковских структур.

Зависимости, описывающие взаимосвязь между доходностью и ликвидностью, доходностью и риском, ликвидностью и риском имеют нелинейный характер. Зависимости доходности и ликвидности от риска имеют экстремальный характер. Следовательно, оптимизация работы банка только по одному из параметров, приведет к его неустойчивому функционированию.

Из изложенного следует принципиальная невозможность эффективного управления деятельностью коммерческого банка, занимаясь в отдельности только доходностью, либо только ликвидностью, или только риском. Необходим комплексный подход к обеспечению оптимального баланса между доходностью, ликвидностью и риском.





В

Рис. 1. Взаимосвязь доходности, ликвидности и риска (однофакторные зависимости)

Проблемам управления ликвидностью коммерческих банков посвящено большое количество диссертаций, среди них работы: Диченко М.Б. «Теория и методология регулирования ликвидности коммерческих банков», Лефеля О.А. «Управление ликвидностью малых и средних банков», Иванова В.В. «Управление банковской ликвидностью», Базырова Б.А. «Повышение ликвидности банков», Трифонова А.Н. «Проблемы управления ликвидностью коммерческого банка», Ступина В.Ю. «Управление ликвидностью регионального коммерческого банка». Вопросы управления доходностью и ликвидностью банка рассматривались Цициашвили С.С., Терешковой Г.Е. и др.

Достаточно давно и широко как отечественными, так и зарубежными экономистами исследовалась проблема управления рисками коммерческого банка. Так, ряд исследователей: Хамская С.Г., Руковчук А.В., Абричкина Г.Б., Насрулина Л.Р., Богданова А.Е. выделяют и анализируют кредитный риск; Привезенцев А.Э., Болатова Л.Р., Струченкова Т.В., Гусейнов Э.Р. – валютный; Козинцев Т.О. – процентный риск; Черных С. – риск партнерства; Серебряный В.Я. – кадровые риски. Некоторые ученые рассматривают по два-три риска: Игнатов А.В. – кредитный, процентный и риск ликвидности; Евдокимов В.Ф. – кредитный и процентный; Максимова В.Л. – кредитный, процентный и валютный риски; Пашковский Д.А. – информационный и телекоммуникационный. В работах Русанова Ю.Ю., Бирюковой Е.С., Баздникина В.А., акцентируется внимание на необходимости системного подхода к проблеме управления банковскими рисками.

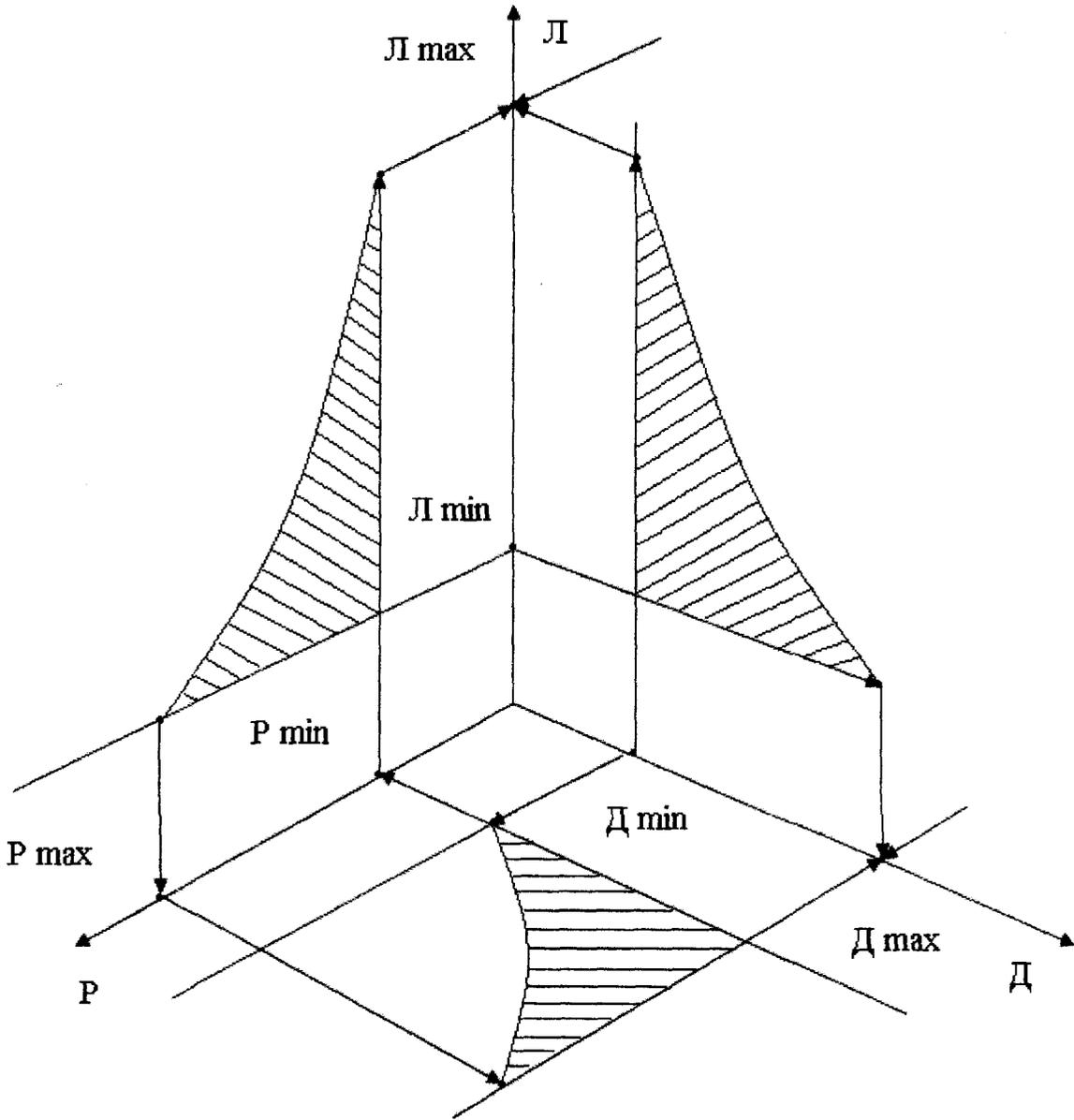


Рис. 2. Взаимосвязь доходности, ликвидности и риска (пространственное отображение)

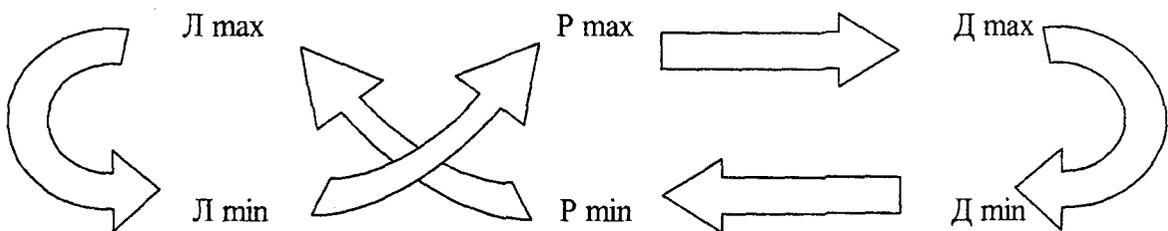


Рис. 3. Соотношения между допустимыми диапазонами доходности, ликвидности и риска на модели Петли Мебиуса

Кроме того, моделированию банковской деятельности посвящены работы Вишнякова И.В., Буздалина А. В., Тена А.В. и др. Однако, на сегодня до сих пор ввиду чрезвычайной сложности не решена задача построения общей модели банка.

Отметим, что одновременная оптимизация значений всех трех параметров (доходности, ликвидности, риска) невозможна. В общем случае следует стремиться к нахождению области, в которой каждый из параметров имеет допустимые значения. Однако, априори можно утверждать, что это условие будет выполняться в достаточно большом количестве точек факторного пространства. Следовательно, имеет место задача нахождения точки оптимального баланса между доходностью, ликвидностью и риском - многокритериальная оптимизационная задача.

Стратегия многокритериальной оптимизации состоит в адекватной постановке задачи (так, чтобы задача имела решение) и выражении предпочтений в виде числовых зависимостей при сохранении реальности поставленной задачи.

Многокритериальная оптимизация представляет собой минимизацию некоего вектора целей, на который могут быть наложены дополнительные ограничения или предельные значения. Любые компоненты вектора целей являются конкурирующими, а некое единое решение поставленной задачи отсутствует. Для описания характеристик целей вводится концепция множества точек не улучшаемых решений (оптимальность по Паретто). Не улучшаемое решение - есть такое решение, в котором улучшение в одной из целей приводит к некому ослаблению другой.

Многокритериальная оптимизация предусматривает генерацию и выбор точек с не улучшаемыми решениями. Методики многокритериальной оптимизации весьма разнообразны, например: метод взвешенных сумм, метод достижения цели и др.

Стратегия взвешенных сумм преобразует многокритериальную задачу минимизации вектора целей в некую скалярную задачу путем построения неких взвешенных сумм для всех выбранных объектов.

Далее уже к данной задаче оптимизации может быть применен стандартный алгоритм оптимизации без наличия ограничений. В этом случае рассматриваются взвешенные коэффициенты для каждой из выбранных целей. Взвешенные коэффициенты необязательно должны напрямую соответствовать относительной значимости соответствующей цели или принимать во внимание взаимовлияние между конкретно выбранными целями. Более того, границы не улучшаемых решений могут быть и не достигнуты, так что определенные решения являются по существу недостижимыми.

Способом, отчасти позволяющим преодолеть проблему выпуклости метода взвешенных сумм, является метод ограничений. В этом случае осуществляется минимизация основной цели при представлении остальных целей в форме ограничений типа неравенств.

Подобный подход позволяет определить некое количество не улучшаемых решений для случая вогнутой границы, что, по существу, является недоступным в методе взвешенных сумм. Однако проблемой данного метода является подходящий выбор ограничений, который мог бы гарантировать допустимость некоего решения. Недостаток метода заключается в необходимости использования жестких ограничений, которые не всегда являются адекватными для точного построения целей. Процедура оптимизации выполняется в соответствии с выбранными приоритетами и в пределах допустимости принятых границ. Основная трудность метода заключается в точной интерпретации подобной информации на ранних стадиях оптимизационного цикла.

Для того, чтобы в математическом описании были надлежащим образом представлены истинные цели, необходимо, четко представлять полный набор всех предпочтений, а также допустимые уровни диапазона сочетаний значений выбранных целей. Подобные методы были построены для дискретных функций с использованием отдельных достижений теории статистики, а именно, теории принятия решений и теории игр. Приложение к непрерывным функциям может быть реализовано с помощью подходящих стратегий дискретизации, а также комплексных методов решения. Поскольку только в редких случаях известна детальная информация, приведенный метод является мало практичным.

Заслуживающим внимания является метод достижения цели Гембики. Данный метод включает в себя выражение для множества намерений разработчика, которое связано с множеством целей. Такая формулировка задачи допускает, что цели могут быть или недо- или передостижимыми, и что дает возможность относительно точно выразить исходные намерения. Относительная степень недо- или передостижимости поставленных намерений контролируется посредством вектора взвешенных коэффициентов и может быть представлена как стандартная задача оптимизации.

Посредством установки в ноль отдельного весового коэффициента можно внести жесткие ограничения в поставленную задачу. Метод достижения цели обеспечивает подходящую интуитивную интерпретацию поставленной исследовательской задачи, которая, в свою очередь, является вполне разрешимой с помощью стандартных процедур оптимизации.

Метод достижения цели имеет определенные преимущества: на него может быть наложена задача нелинейного программирования. Характерной особенностью данной проблемы является то, что в данном случае могут так же решаться задачи нелинейного программирования.

В рассматриваемом случае для решения поставленной оптимизационной задачи наиболее подходящим является метод достижения цели – приближение к максимальному значению одного обобщенного фактора - индикатора баланса доходности, ликвидности и риска, для которого составлена функция выгоды.

Индикатор баланса доходности и ликвидности I^* – показатель, отражающий получение положительного совокупного результата банковской

деятельности, покрывающего расходы и формирующего прибыль банка, при наличии способности постоянно и своевременно обеспечивать выполнение обязательств перед клиентами и контрагентами, а также удовлетворять потребность клиентов в кредите, за счет гибкого управления доходностью и ликвидностью с учетом банковского риска.

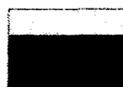
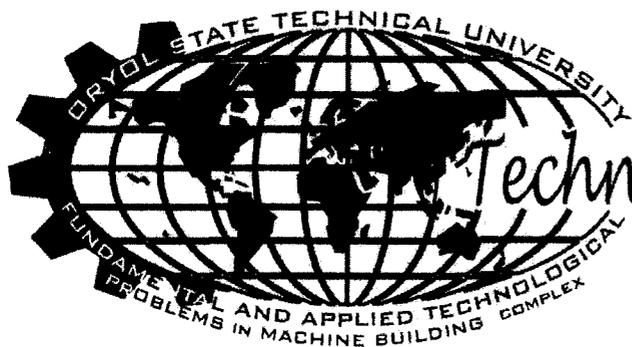
В целях обеспечения корректности математических преобразований и упрощения расчетов целесообразно индикатор баланса I^* привести к безразмерному виду и определить область его значений от 0 до 1. Из условия равенства весовых коэффициентов влияния на индикатор баланса доходности, ликвидности и риска, функцию выгоды для определения I^* предлагается записать в следующем виде:

$$I^* = \sqrt[3]{D * L * P},$$

причем целевая функция оптимизации: $\max I^* \quad 1$,
где (D) – доходность; (L) – ликвидность; (P) – риск, являются безразмерными параметрами, область определения каждого из которых также от 0 до 1.

Величина индикатора баланса доходности и ликвидности коммерческого банка, недостижимое максимальное значение которого равно единице, с одной стороны, позволяет оценить успешность деятельности менеджмента коммерческого банка в целом. С другой стороны, математическая зависимость индикатора баланса от совокупности значимых факторов позволяет моделировать бесконечное количество возможных ситуаций и отслеживать степень влияния изменения того или иного фактора на значение индикатора баланса. Модель является инструментом эффективного управления банковской деятельностью, позволяет давать практические рекомендации по изменению значимых факторов с целью увеличения индикатора баланса доходности и ликвидности.

Для формирования адекватной и эффективной модели управления коммерческим банком по индикатору баланса доходности и ликвидности весьма важно выделить из бесконечно большой совокупности факторов наиболее значимые показатели. Выбранная система показателей должна содержать необходимые характеристики деятельности банка и определять значения рисков. Только в этом случае появляется возможность посредством мониторинга устойчивости коммерческого банка контролировать в каждый момент времени избыток или недостаток высоко ликвидных активов, своевременно перераспределять ресурсы и оптимизировать положение банка в пространстве доходность – ликвидность.

Russia,
Orel

Technology 2007

Helsinki,
Finland

УДК 681.5.08

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА МЕДИЦИНСКИХ УСЛУГ

Н.В. Углова, к.т.н.; З.П. Лисовская, к.т.н., доц.

Орловский государственный технический университет

Орел, тел. (4862) 419876, факс (4862) 416684, E-mail: pms35@ostu.ru**ABOUT A PROBLEM OF MEDICAL SERVICE QUALITY**

N.V. Uglova, k.t.n.; Z.P. Lisovskaya, k.t.n., doc.

Oryol State Technical University

Oryol, tel. (4862) 419876, fax (4862) 416684, E-mail: pms35@ostu.ru

The article elucidates the problems of medical service quality. A description of medical service market is presented there. The level of medical workers and patients contacts is shown. There are criterions of medical service valuation in the article.

В настоящее время состояние материально-технической базы здравоохранения РФ оставляет желать лучшего. К сожалению, наша система сегодня законодательно гарантирует не качество медицинской услуги, а только ее доступность. Более того, за последние годы само понятие доступности изменилось. С одной стороны, гражданам России стали доступны технологии, о которых ранее можно было только мечтать: дорогостоящие высокоэффективные лекарства появились на российском фармацевтическом рынке, стали возможными сложные высокотехнологические методы диагностики и лечения. С другой стороны – далеко не все нуждающиеся могут пока получить эти услуги.

Высокоспециализированная помощь, несмотря на ее развитие в субъектах РФ, по-прежнему малодоступна многим в ней нуждающимся, в том числе из-за необходимости ее оплаты в большинстве специализированных клиник за счет собственных средств пациента. Государство по-прежнему не в состоянии обеспечить всех нуждающихся бесплатным лечением [1].

В медицину стремительно внедряются рыночные отношения. Медицинская услуга стала товаром, который по законам рынка нужно

производить дешевле – продавать дороже. Подразумевается, что эта услуга должна быть качественной.

Качество медицинской услуги рассматривается с разных позиций эффективности, адекватности, экономичности, морально-этических норм. Когда говорят о целях здравоохранения, имеют в виду, как основную цель, повышение уровня здоровья населения и удовлетворение его потребности в квалифицированной качественной медицинской услуге. Поскольку медицинские услуги в государственных медицинских учреждениях многих не удовлетворяют, а улучшить ее качество предъявлением лишь одних жалоб пока не удается, пациенты пытаются решить свои проблемы в платных медицинских учреждениях.

Медицинская услуга – это мероприятие или комплекс мероприятий, проводимых при заболеваниях или при непосредственной угрозе развития заболевания, направленных на восстановление здоровья или на предупреждение болезни, имеющих самостоятельное, законченное значение и определенную стоимость.

Медицинские услуги обладают рядом специфических свойств. Они неосязаемы и невидимы, их нельзя ощутить до момента приобретения, и пациент, пришедший на прием к врачу, не может заранее знать результат посещения, он вынужден верить врачу на слово. Они неотделимы от источника услуги, в качестве которого могут выступать врач, медсестра, медицинское оборудование или медицинский центр в целом. Медицинские услуги характеризуются непостоянством качества, их зависимостью от поставщиков и места оказания услуги, несохраняемостью и невозможностью демонстрации самой услуги, они не могут быть осуществлены через посредников. Возможности транспортировки большинства услуг ограничены.

Тенденция к увеличению среднего возраста населения, а также к росту доходов граждан способствует возрастанию спроса на качественные медицинские услуги.

Данные о рынке медицинских услуг достаточно ограничены. Рынок медицинских услуг в нашей стране сегодня можно охарактеризовать следующим образом:

- государство не может в полной мере гарантировать адекватную медицинскую услугу населению и передает часть этих функций свободному рынку;
- число компаний – продавцов медицинских услуг – ограничено;
- медицинская услуга неоднородна, индивидуальна, уникальна;
- информация о предложении на рынке медицинских услуг несовершенна;
- сопоставление цены и качества предоставляемых услуг невозможно или затруднительно;
- нет единых критериев определения качества медицинской услуги.

И население, готовое платить за медицинские услуги, в первую очередь, ждет более качественных услуг.

Президент РФ В.В. Путин, в одном из Посланий Федеральному Собранию РФ, формулируя задачи модернизации здравоохранения, сказал: «...гарантии бесплатной медицинской помощи должны быть общеизвестны и понятны. И по каждому заболеванию должны быть выработаны и утверждены стандарты медицинских услуг – с обязательным перечнем лечебно-диагностических процедур и лекарств, а также – с минимальными требованиями и условиями оказания медпомощи. Причем такие стандарты должны действовать в каждом населенном пункте Российской Федерации. И только дополнительная медпомощь и повышенный уровень комфортности ее получения должны оплачиваться пациентом».

В 2004 г. Министерством здравоохранения и социального развития РФ утверждена Номенклатура работ и услуг в здравоохранении, которая объединила актуализированные классификаторы «Простые медицинские услуги» и «Сложные и комплексные медицинские услуги»; стандарт «Сложные и комплексные медицинские услуги. Состав», а также два новых классификатора «Манипуляции, исследования, процедуры и работы в здравоохранении» и «Услуги медицинского сервиса».

Сегодня необходимо также оценивать возможность и эффективность общения медицинских работников и пациентов. В конечном счете, если пациент не будет понимать и принимать врачебные рекомендации, то медицинская услуга заведомо окажется неэффективной. Сотрудничество, приверженность рекомендациям – важнейшие элементы современной медицинской помощи. Приверженность рекомендациям зависит от полноты информации, полученной пациентом, от того, насколько понятно врач преподнес эту информацию. Проверить это объективными методами достаточно сложно. Однако спросить пациента об этом нужно.

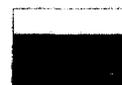
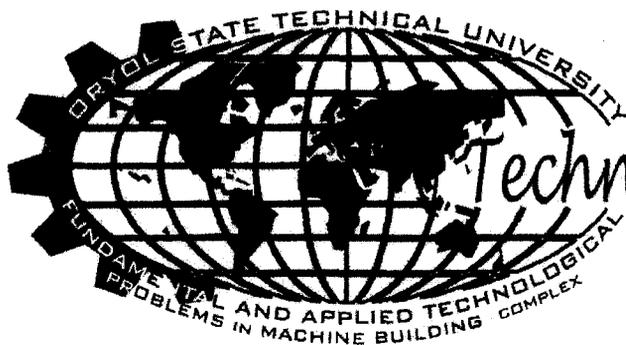
Для оценки качества медицинской услуги сегодня используется анкетирование. Среди критериев оценки качества медицинских услуг наиболее значимыми пациенты считают уровень врачебной квалификации – 67%, полноту выполнения лечебно-диагностических мероприятий – 24%, оптимальные условия лечения и ухода – 4% и т. д. [2].

Качество оказания медицинских услуг напрямую зависит от профессионального уровня работающих, морально-психологического климата в коллективе, материального стимулирования работников и т. д.

Однако следует отметить, социологический опрос, проведенный среди пациентов, показал, что происходящие неблагоприятные процессы в экономике страны, углубление дефицита функционирования здравоохранения приводят к ухудшению качества медицинской услуги.

Литература

- 1 Виноградов, В.А. Эффективный брэндинг на российском рынке медицинских услуг [Текст] / В.А. Виноградов // Ремедиум. – 2005. – №5. – С.19-21.
- 2 Красильников, А.В. Анкетирование пациентов как критерий оценки качества медицинской услуги [Текст] / А.В. Красильников // Проблемы управления здравоохранением. – 2005. – №1. – С.34-38.



Russia,
Orel



Helsinki,
Finland

Technology 2007

УДК 005.591.6

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКЕ

Степанова Е.Ю., к.э.н., доцент, Поляндова Л.И.

Орловский государственный технический университет

Россия, г. Орел, тел./факс (0862) 41-32-95

E-mail: nata@ostu.ru

HIGH TECHNOLOGIES IN INNOVATIVE ECONOMY

Stepanova E.Yu., Dr., Polandova L.I.

Orel State Technical University

The article deals with the issues of “economy of knowledge” and the role of intellectual property and nanotechnologies in it.

В статье рассматриваются проблемные вопросы перехода к экономике знаний и роль в ней интеллектуальной собственности и нанотехнологий.

В нашей стране официально провозглашен лозунг перехода от сырьевой экономики к инновационной экономике – экономике, построенной на знаниях, сделан стратегический выбор на создание экономики, которая претендует на одну из ведущих ролей в мировом научном и технологическом развитии. Экономика России постепенно встает на инновационный путь развития. Много сделано и делается на государственном и региональном уровне. Однако ситуация в этой области, по словам Президента РФ В. В. Путина [1], была и продолжается оставаться острой. Низок уровень инновационной активности отечественных предприятий. На исследования и новые разработки в среднем они тратят менее 1 % стоимости выпускаемой продукции. В структуре затрат 60 % составляют машины и оборудование, как правило, предыдущих поколений, но более дешевые, морально устаревшие; затраты на современные технологии, лицензии и патенты составляют меньше 2 % средств.

Только 8 процентов роста национальной экономики РФ достигается за счет высокотехнологичных секторов, в то время как в экономически развитых странах – около 60 процентов. Доля высокотехнологичных производств в реальном секторе российской экономики пока невелика.

Любые инновации начинаются с нематериальных активов, основанных на новых знаниях. На промышленных предприятиях развитых стран они (главным образом интеллектуальная собственность) составляют 80–90 %, в России нематериальные активы в балансе предприятия составляют, по оценкам специалистов, 0,1 – 1,5 %, т.е. практически лежат на полках, не введены в хозяйственный оборот.

Патентный портфель IBM составляет примерно 40 тысяч патентов, Hewlett Packard – 21 тысячу [2]. В корпорации Microsoft доля нематериальных затрат составляет 80 % объема капитализации. На балансе «Рургаз» находятся 4 млрд. евро нематериальных активов. Корпорация «Siemens» владеет более 53 тысячами патентов, имеет нематериальных активов на 30 млрд. евро, получая около 30 патентов в день. Nokia владеет более 11000 семейств патентов-аналогов. С начала 90-х Nokia инвестировала в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы свыше 35 млрд долларов США. В 2004 году она имела оборот, превышающий оборот Газпрома.

НК «Лукойл» имеет более 500 патентов, РАО «ГАЗПРОМ» – более 1200 патентов, что составляет доли процента капитализации этих фирм.

Ряд российских вузов, а также физических лиц, в том числе Орловский государственный технический университет (для справки: ОрелГТУ ежегодно получает более 100 патентов), в структуре которого порядка 80 инновационных предприятий, НИИ, компаний, фирм, центров, технопарков и т.п., являются крупнейшими патентообладателями в стране, опережая по количественным показателям крупнейшие корпорации, предприятия ВПК и некоторые структуры РАН, что практически трудно представить себе за рубежом. Этот факт в большей степени говорит не о низкой эффективности последних, а о слабом внимании и государства и отечественного бизнеса к защите интеллектуальной собственности, что чревато серьезными негативными последствиями при вступлении в ВТО.

Учитывая высокий потенциал российского рынка, зарубежные компании проявляют к нему повышенный интерес. Они проводят целенаправленную жесткую наступательную политику по защите своих разработок на российском рынке, что проявляется в динамике роста количества заявок иностранных фирм на патенты по изобретениям, полезным моделям и промышленным образцам по отношению к росту новых заявок со стороны российских заявителей. И хотя в темпах роста заявок последних отмечается положительная динамика, общая картина явно отстает от советских времен и не может не вызывать беспокойства.

По абсолютным затратам на науку Россия тратит в 7 раз меньше, чем Япония и в 17,5 раз – США. Внутренние затраты на НИОКР в 2005 году составили 231 млрд. рублей, что составляет, по словам академика РАН А.

Никипелова [1], меньше половины от уровня 1990 года. Сегодня объем госфинансирования НИОКР в области микроэлектроники составляет менее \$50 млн. в год, а только одна корпорация Intel вкладывает в НИОКР порядка \$3 млрд. Если к моменту развала СССР технологическое отставание в микроэлектронике составляло 3-6 лет, то сегодня оно, по оценкам специалистов, более чем 10-летнее.

В то же самое время ныне экономическая ситуация в России принципиально иная, чем несколько лет назад: появились и предприятия, конкурентоспособные на мировом рынке, и финансовые институты мирового уровня, и финансовые возможности государства, и политическая воля для решения вопросов инновационного развития общества.

Мировой опыт показывает необходимость развития системы «производства знаний», основой которой являются фундаментальные исследования, эффективная система образования, целенаправленная грамотная государственная политика и нормативно-правовое обеспечение инновационной деятельности.

Россия проиграла соревнование в области электроники и информационных технологий. Исчезли предприятия и целые отрасли, связанные с вычислительной и электронной техникой и в центре и в регионах. На месте крупнейших отечественных заводов микроэлектроники появились супер- и гипермаркеты, в которых продается та же высокотехнологичная продукция, но зарубежных компаний. Такая ситуация угрожает национальной безопасности, так как и элементная база систем, обеспечивающих безопасность страны, также импортируется из за рубежа.

Современную экономику страны могут вывести в шеренгу лидеров общемирового развития только новые технологии. И нанотехнологии являются одними из немногих направлений развития, где уровень отечественных разработок вполне соответствует мировому уровню, а порой и превосходит его. У российских ученых существует конкурентоспособный в мировом сообществе задел НИОКР, громадный опыт и потенциал междисциплинарных исследований, полученный еще во время выполнения атомного и космического проектов. Например, мы стали первыми, кто получил результаты, положившие начало развитию новых научных направлений: получение ультрадисперсных порошков (1950-е гг.), теоретическая разработка и проектирование оптоэлектронных приборов, а также работы в области атомно-силовой и сканирующей зондовой микроскопии; производство наномембран, нанопорошков, нанотрубок. Большой задел есть у россиян в наноэлектронике, успешно внедряются новые открытия в медицину, например, наноконтейнеры для прицельной доставки лекарств.

Существующие сегодня классические, традиционные техника и технологии, методы и способы производства подходят к своему технологическому и экономическому пределу, естественным возможностям и границам развития. Традиционные технологии основаны на так называемых

стратегиях «сверху-вниз» (top-down), когда получение изделия основано на уменьшении размеров физических тел механической или иной обработкой [3]. Но уменьшение размеров устройств и машин (миниатюризация) сопровождается увеличением затрат в геометрической прогрессии и имеет существенные ограничения по техническим и метрологическим возможностям техники и приборов контроля.

Стратегия «снизу-вверх» (bottom-up) предполагает получение изделия из элементарных блоков путем их сборки в сложные структуры. Это стратегия присуща нанотехнологиям, а также живым системам.

Нанотехнологии определяют новую ступень, новые области, новые горизонты создания материалов, устройств, приборов, машин и механизмов, их наукоемких производств. Они позволяют видоизменять вещество на уровне атомов и молекул и станут самыми перспективными технологиями при производстве материальных ценностей, определяют вектор развития науки, техники и экономики стран всего мира и приведут к серьезным социально-экономическим изменениям в жизни всего человечества.

Мы уже сейчас видим, что современная цивилизация развивается по пути создания новых материалов и использования объектов довольно малого размера. Пример компьютерных и иных электронных устройств, которые по мере развития данных технологий становятся все более компактными, надежными и дешевыми при увеличении их производительности и скорости работы, наглядно и убедительно демонстрирует такие тенденции.

Нанотехнологии, в которых ныне видят спасителя всего человечества, - это технологии, оперирующие объектами размером, сопоставимом с размером атома – порядка нанометра, технологии, в которых сборка создаваемых изделий осуществляется из атомов, молекул, структурных элементов биологических клеток и т.п. Нанометр – величина равная 10^{-9} м (миллиардная доля метра), что в 100 000 раз меньше толщины человеческого волоса, диаметр которого равен примерно 50000-80000 нм.

Нанотехнология позволит создать процессоры с миллиардами транзисторов, обеспечив многократное увеличение мощности компьютеров. Для сравнения: в 1965 году на одном чипе было возможным разместить только 30 транзисторов, в 1971 году – 2000, сегодня – около 40 млн. штук размером 130 – 180 нанометров. И уже появились сообщения, что удалось создать транзистор в 90 нм. В 1968 году один транзистор стоил в США 1 доллар, а теперь за эту сумму можно купить 50 млн. транзисторов. Кстати, по образному заявлению корпорации IBM, в 2006 году в мире было изготовлено транзисторов, столько же, сколько выращено рисинок. Себестоимость же изготовления одного транзистора оказалась значительно меньшей, чем выращивание одной рисинки!

Отцом нанотехнологий одни называют древнегреческого философа Демокрита, который примерно в 400 году до н.э. использовал слово «атом» для описания самой малой частицы вещества, другие - А. Эйнштейна, который в 1905 году доказал, что размер молекулы сахара составляет примерно 1 нм, третьи – знаменитого американского физика-теоретика,

Нобелевского лауреата Ричарда Фейнмана, который еще в 1959 году в своем выступлении сказал, что в будущем, научившись манипулировать отдельными атомами, человечество сможет синтезировать все, что угодно (<http://www.relga.ru>; <http://nanorobots.ru/nanotehnologii.htm>). Есть и ряд других мнений по поводу приоритета. В 1981 году появился туннельный микроскоп, изобретенный учеными IBM, позволяющий не только видеть, но и перемещать отдельные атомы. Такой переход от манипуляции веществом к манипуляции атомами открыл беспрецедентные возможности для человечества.

В 1981 году, развивая концепции Ричарда Фейнмана, доктор Эрик К. Дрекслер (<http://www.e-drexler.com>), известный американский футуролог, исследователь, изучающий возникновение новых технологий и их значение в будущем, получивший первым докторскую степень в области молекулярной нанотехнологии в MIT (Массачусетском технологическом институте), описал физические принципы систем молекулярного производства (такие системы позволяют делать продукты с атомарной точностью). Он написал знаменитые книги «Engines of Creation» («Машины становятся творцами») и «Nanosystems» («Наносистемы»), в которых описал применение молекулярного производства и нанотехнологии вообще в различных современных технологиях, а в 1992 году, выступая в конгрессе США (<http://nanorobots.ru/nanotehnologii.htm>), он нарисовал картину обозримого будущего. Практически все, что необходимо для жизни и деятельности человека, может быть изготовлено молекулярными роботами непосредственно из атомов и молекул окружающей среды. Продукты питания – из почвы и воздуха, точно так же, как их производят растения; кремниевые микросхемы – из песка. Подобное производство будет куда более рентабельным и экологичным, чем нынешняя промышленность и сельское хозяйство. Человечество получит исключительно комфортную среду обитания.

По данным недавнего опроса фонда «Общественное мнение» на вопрос о нанотехнологиях, 60 % россиян ответили, что впервые слышат это слово, около 33 % не знают или путают его значение и лишь 7- 9 % общего числа респондентов более или менее ответили правильно (http://www.km.ru/magazin/view_print.asp?id={8DC20486-1988-40E4-B138-9B310C...}). Судите сами, для такой огромной страны как Россия, это слишком мало.

Международная экспертная группа «Lux Research Inc» [4, С. 12] выделила из 50 стран, занимающихся разработкой нанотехнологий, 14 ведущих стран и поделила их на 4 группы: 1) доминирующие лидеры (США, Япония, Южная Корея, ФРГ), имеют 90 % патентов; «игроки ниши» (Тайвань, Израиль, Сингапур), имеют порядка 5 %; 3) Великобритания и Франция, имеют порядка 2-3 %; низшая лига (Китай, Канада, Австралия, Индия, Россия), имеют всего 1,2 % патентов.

С 90-х годов прошлого века лишь несколько стран, в том числе и Китай, уделяли серьезное внимание развитию нанотехнологий. До 2001 года в Китае было выдано менее 1000 патентов в этой области. Ныне их число достигло 2400, что составляет 12 % всех существующих в мире патентов на изобретения в сфере нанотехнологий. Китай занимает 3-е место в мире, уступая лишь США и Японии (http://Russian.people.com.cn/200310/08/rus20031008_81214.html). Активные исследования ведутся в Израиле, Южной Корее, Австралии, Сингапуре, Канаде, Тайване, странах СНГ.

По словам академика РАН М.В. Алфимова, по количеству публикаций в области нанотехнологий Россия в 2004 году осталась в восьмерке лидирующих стран, но ее доля в общий пул знаний, которые сильно влияют на нанотехнологию, 4 %, а Китай за последние 10 лет занял ведущую позицию.

Делегация ОрелГТУ, посетив в прошлом году более десятка ведущих университетов Юга и Юго-Восточных провинций Китая, а также Пекина, практически везде встречала ученых, занимающихся передовыми нанотехнологическими исследованиями в прекрасно оснащенных научных лабораториях. Ряд разработок КНР в сфере нанотехнологий в настоящее время достиг мирового уровня или приблизился к нему вплотную.

В 35 развитых странах мира или претендующих на это звание имеются долгосрочные национальные программы развития нанотехнологий как высшие национальные приоритеты.

В США в 2000 году принята приоритетная Национальная нанотехнологическая инициатива – долгосрочная комплексная программа (НИИ) под патронажем президента. Но, как видно из таблицы 1[5], исследования в этой области в США начали финансироваться значительно ранее.

Таблица 1 - Динамика бюджетных ассигнований на нанотехнологии различными ведомствами США, млн. долларов

Ведомство	Годы			
	1997	2000	2001	2002
Министерство обороны	32	70	110	180
Министерство энергетики	7	58	93	91,1
Другие министерства	-	-	-	4,9
Агентство по охране окружающей среды	-	-	-	5,0
Национальный институт здоровья	5	32	39	40,8
НАСА	3	5	20	46
Национальный институт стандартов и технологий	4	8	10	37,6
Национальный научный фонд	65	97	150	199
Итого	116	270	422	604,4

По оценкам международной экспертной группы «Lux Research Inc» [6], в 2004 году правительства, корпорации и бизнес всего мира вложили в НИОКР в области нанотехнологий около \$8,6 млрд., в 2003 г. – \$7,5 млрд.

По прогнозу Национального фонда науки США мировой годовой рынок наноматериалов и нанотехнологий к 2015 году превысит \$1 триллион, а по оптимистическим прогнозам, капитализация его вскоре может превысить \$3 трлн., будет создано примерно 2 млн. рабочих мест в высокотехнологичных и высокооплачиваемых отраслях экономики.

Приоритет в этой области на сегодня принадлежит США, на долю которых приходится примерно треть всех мировых инвестиций в нанотехнологии. Доля ЕС – около 15 %, Японии – примерно 20 %.

Только государственное финансирование нанотехнологий в США (данные 2005 г.) составило \$800 млн., ЕС - \$800 млн., Японии – до \$500 млн. и Китаю – более \$100 млн.

Число зарегистрированных патентов в области нанотехнологий с 1976 г. – 88546, 64 % которых - патенты США). Россия - явный аутсайдер в списке владельцев нанотехнологических патентов.

По определению Патентной службы США для того, чтобы квалифицировать изделие как нанотехнологическое по крайней мере один из его размеров должен быть в диапазоне от 1 до 100 нм и этот размер должен быть существен для функций квалифицируемого изделия.

Интересно отметить, что уже в 2004 году в наногонку втягиваются почти все континенты (таблица 2) (<http://www.metodolog.ru>).

Таблица 2 – Финансирование нанотехнологий в 2004 году

Страна	Объем финансирования в 2004 г., млн. долл.	
США	Федеральный бюджет	1600
	Частный бизнес	1700
Европейский Союз	Правительственное финансирование	1300
	Частный бизнес	700
Страны Азии	Правительственное финансирование	1600
	Частный бизнес	1400
Россия	Все правительственные каналы (Минпромэнерго, Минобрнауки, РАН, РФФИ и другие)	Несколько десятков млн. долл.

Необходимо отметить быстрый рост вложений в нанотехнологии в период 1997-2004 г.г. (таблица 3), обусловленный осознанием фактического прогресса этой области исследований и разработок.

Таблица 3 – Динамика финансирования нанотехнологий в мире

Страна/объем финансирования, млн. долл.	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
США	116	140	165	270	422	604	710	1600
ЕС	126	140	165	200	270	400	1085	1300
Япония	70	-	-	245	465	650	-	-

В 2004 году, по данным той же группы Lux Research (<http://www.silicontaiga.ru/home.asp?artId=3641>), американские государственные ведомства вложили в исследования по нанотехнологиям \$1,6 млрд., Япония – \$1,0 млрд. Частный бизнес США при этом из \$3,8 млрд., инвестированных частными компаниями всего мира, \$1,7 млрд. принадлежат американским компаниям.

В 2006 году, по данным того же агентства США (государство и частные компании) инвестировали в развитие нанотехнологий около \$4,4 млрд., Европейские страны - \$3,5 млрд., страны Азии – около \$4 млрд., остальные страны – около \$330 млн., из них примерно \$112 млн. – Россия.

В США зарегистрировано около 7000 патентов, связанных с нанотехнологиями, в ЕС – 2300, в странах Азии – около 1100, в России – 12.

В то же время по относительным показателям азиатские конкуренты начинают опережать США. В прошлом году правительство США инвестировало в разработки и исследования по нанотехнологиям \$5,42 на душу населения, Южная Корея – \$5,62, Япония – \$6,30, а Тайвань – \$9,40 (<http://www.silicontaiga.ru/home.asp?artId=3641>).

Конечно, переход к нанотехнологиям, нанотехнологическая революция, займет десятилетия, принесет фантастические результаты и выгоды, экономию энергетических и материальных ресурсов.

Рынок нанотехнологий условно делят на три уровня [7 -9].

1 – готовые продукты. Это нанодисперсные материалы: покрытия, керамика, композиты, катализаторы, мембраны, светодиоды и др.

2 – продукты, которые будут готовы к выходу на рынок в ближнесрочной перспективе. К этой группе относят наноэлектронные устройства, средства доставки лекарств, изделия микросистемной техники, нанокремниевые материалы.

3 – продукты, которые будут готовы в средне- или долгосрочной перспективе через 8-10 и более лет. К этой группе относят нанобиотехнологии, гибридные приборы и системы и ряд других.

Европа пока уступает от США и Японии по уровню инвестиций в исследования по нанотехнологиям. В этой связи Европейская Комиссия в 2004 году приняла заявление по европейской стратегии в этой области, в котором сформулированы пять направлений деятельности ЕС на ближайшее время: научные исследования, развитие инфраструктуры, обучение и

тренинг, инновации, а также информирование населения о перспективах нанотехнологий. Предполагается существенное увеличение расходов на наноисследования в 2007 – 2013 гг. в 7-ой Рамочной программе, что должно обеспечить через несколько лет ведущие позиции в мире в различных областях экономики, медицины и науки (*CORDIS focus.* – No 246. 1 June 2004. – p. 4. – http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/2004/4_12/n.asp?file=perst.htm&label=S_4_12).

Учитывая важность и прорывной характер развития наноисследований, наше государство вложило в это направление за последние годы по разным программам примерно 150 млрд. рублей. Только на развитие инфраструктуры наноиндустрии по вновь принимаемой ФЦП Правительство РФ намерено выделить 28 млрд. рублей (<http://www.citcity.ru/15651>).

IBM еще в 2001 году на 222 Национальном собрании Американского химического общества объявила о создании новаторской нанотехнологии производства полупроводников - первой логической компьютерной схемы, заключенной внутри одной единственной молекулы – углеродной нанотрубки – трубчатобразной молекулы углерода (<http://pubs.acs.org/nano>; <http://www.compulenta.ru/news/2001/8/27/17927>). Этому чипу-молекуле предрекают судьбу стать прародителем нового класса миниатюрных элементов будущих компьютеров, производительных, миниатюрных и энергосберегающих. При чем необходимость поиска новых решения изготовления транзисторов диктуется тем, что по словам ведущих ученых и специалистов, через 10-15 лет будет достигнут физический предел существующих на сегодняшний день технологий, а прогресс в миниатюризации и мощности посткремниевой нанотрубочной электроники даже сложно себе представить.

Нанотехнологии являются очень выгодным и перспективным коммерческим направлением и составляют очень большой рынок, который должен быть интересен и российскому бизнесу.

Сегодня около 20 тысяч ученых по всему миру проводят исследования в области нанотехнологий. В 2005 году 1330 компаний в 76 промышленных отраслях инвестировали 3,2 млрд. долларов в нанотехнологии и реализовали продукции на \$32 млрд. (в 2004 г. – на \$19 млрд.). В мире нанотехнологии используются как минимум в процессе производства 80 групп потребительских товаров и свыше 600 видов сырьевых материалов, комплектующих изделий и промышленного оборудования, что подтверждает реальность прогнозов ученых.

Конечно такие громадные суммы могут вкладывать только мощные транснациональные компании, национальные корпорации развитых стран, в России – вертикально интегрированные компании. Нанолaborатории создали гиганты американского бизнеса IBM, NEC, HP и др., которые в 2005 году потратили в эту область \$2 млрд.: по 20 % - биотехнологические и электронные фирмы, 18 % - химическая промышленность, по 8 % - энергетика и аэрокосмическая индустрия.

В настоящее время наноматериалы используют для изготовления защитных и светопоглощающих покрытий, спортивного оборудования (например, теннисные мячи с использованием нанотехнологий – 2002 г.), светоиспускающих диодов, топливных элементов, солнечных батарей, лекарств и медицинской аппаратуры, материалы для упаковки продуктов питания, косметики и одежды. Уже сейчас добавление нанопримесей на основе оксида церия в дизельное топливо позволяет повысить КПД двигателя на 4-5% и снизить степень загрязнения выхлопных газов.

Более 150 противораковых процедур находятся в стадии клинических испытаний.

Недавно студентка-дизайнер Оливия Онг и ученые из Корнуэльского университета (<http://www.point.ru>) создали одежду, которая защищает владельца от простуды и гриппа, смога и загрязнений воздуха, уничтожает вредные для дыхания газы, не требует стирки. Пока 1 кв. м этой ткани с наночастицами серебра стоит около 10 тысяч долларов США. Таких примеров уже множество.

Поэтому нужна четкая государственная политика, государственная программа, реальное финансирование на уровне развитых стран, поддержка научных школ и научных исследований, подготовка кадров, в том числе и менеджеров для коммерциализации нанотехнологий, налоговые преференции.

В заключение хотелось бы справочно привести десять лучших нанопродуктов 2005 года.

Топ-10 лучших нанопродуктов 2005 года*

Место в рейтинге	Название продукта	Потребительские свойства
1	Флэш-плеер iPod Nano от Apple Computer	Плеер iPod Nano снабжен микрочипами NAND и DRAM с высочайшим уровнем точности производственных манипуляций (меньше 100 нанометров), благодаря чему толщина плеера не больше 0,5 см при объеме памяти 4 Гб
2	Растительное масло Canola Active от Shemen Industries	В состав масла входят 30-нанометровые капсулы, которые легко проникают в ткани и эффективно доставляют питательные вещества к месту их потребления. При этом наноструктуры свободно растворяются в воде, а их использование позволяет понизить уровень холестерина на 14%
3	Шоколадная жевательная резинка Choco'la от O'Lala Foods	Включив в состав продукта нанометровые кристаллы, чикагская пищевая компания нашла способ совместить несовместимые продукты – масло какао и полимеры, являющиеся основой для жевательной резинки
4	Фуллереновый крем для лица C-60 от компании Zelens	Фуллерен C-60 (аллотропная форма углерода, полученная при помощи нанотехнологий) обладает антиоксидантными свойствами. Представители компании Zelens сумели применить эти характеристики в омолаживающих косметических средствах
	Бейсбольная	Аббревиатура CNT обозначает "carbon nanotube technology" –

5	бита Easton Stealth CNT	технология углеродной нанотрубки. С ее помощью инженеры Easton создали биты, пригодную для игроков любого возраста благодаря оптимизированной гибкости и силе отдачи
6	Повседневная одежда от Nanotex	Компания NanoTex предложила коллекцию одежды, изготовленной с помощью нанотехнологий. На поверхности ткани вдоль специальных жестких волокон расположены крохотные волоски, которые отталкивают жидкость, снижают накопление статического заряда на ткани и защищают от образования пятен
7	"Наноноски" ArcticShield Socks без запаха	Известно, что серебро обладает антибактериальными свойствами, но плохо связывается с полимерами. Специалистам ARC Outdoors удалось внедрить серебряные наночастицы размером 19 нанометров в структуру волокон ткани полиэстеровых носков ArcticShield
8	Оконное стекло Activ Glass от Pilkington	Под воздействием естественного солнечного излучения светоактивная пленка толщиной в несколько десятков нанометров сама удаляет с поверхности стекла загрязняющие органические отложения
9	Краска от Behr на основе технологии NanoGuard	В краску для кухни и ванной входят наночастицы, которые позволяют создать водо- и жиростойкую пленку, устойчивую к образованию грибковых наростов и пятен
10	Очиститель воздуха на основе нанопорошкового агента от NanoTwin Technologies	Изобретение, запатентованное как NanoTube ("нанотруба"), во включенном состоянии служит источником ультрафиолетового излучения и создает мощные окислительные агенты, которые уничтожают находящиеся в воздухе микроорганизмы и загрязняющие фракции

**Рейтинг составлен американским журналом Forbes в январе 2005 года. В него вошли потребительские товары, в которых улучшены функциональные возможности с помощью нанотехнологий.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Заседание Совета при Президенте Российской Федерации по науке, технологиям и образованию 17 октября 2006 года, г. Зеленоград, НИИМЭ и завод «Микрон»: Стенографический отчет [Текст]. – Тверь: Тверской ИнноЦентр, 2006. – 33 с.

2. Степанова, Е.Ю. Инновационная деятельность и интеллектуальная собственность: проблемы и решения [Текст] / Е.Ю. Степанова. В кн. «Повышение эффективности использования объектов интеллектуальной собственности в управлении инновационно-инвестиционными процессами. – М. : Машиностроение-1. – 2005. – С. 86 – 94.

3. Кобаяси, Н. Введение в нанотехнологии [Текст] / Н. Кобаяси. Пер. с японск. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 134 с.

4. Головин, Ю.И. Введение в нанотехнологию [Текст] / Ю.И. Головин. – М. : «Издательство Машиностроение-1», 2003. – 112 с.

5. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направлений исследований [Текст] / Дж. Уайтсайдс, Д. Эйглер, Р. Андерс и др. Под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса и П. Аливисатоса. Пер. с англ. – М. : Мир, 2002. – 292 с.

6. О национальной доктрине развития в Российской Федерации нанотехнологий [Текст]. – М. : Издание Совета Федерации, 2006. – 124 с.

7. Асеев, А. Л. Наноматериалы и нанотехнологии [Текст] // Нанотехнологии и микросистемная техника. - 2005. № 3. - С. 2 - 9.

8. Ратнер, М. Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи [Текст] / М. Ратнер, Д. Ратнер. Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 240 с.

9. Нанотехнологии в электронике [Текст]. Под ред. Ю.А. Чаплыгин. М. : Техносфера, 2005. – 448 с.

Ответственные за выпуск:
Степанов Ю.С., д.т.н., проф.
Киричек А.В., д.т.н., проф.
Морозова А.В. к.с.н., доц.

Известия ОрелГТУ.
Серия Фундаментальные и прикладные
проблемы техники и технологии

№3/267 (533). 2007. - 168 с.

Художественный редактор **Кобзева М.С.**
Технический редактор **Алисова М.В.**
Компьютерная верстка **Алисова М.В.**

Зарегистрировано в Министерстве РФ по делам печати,
телерадиовещания и средств массовой информации
Свидетельство: *ПИ № 77-15496 от 20 мая 2003 года*

Лицензия № ИД 00670 от 05.01.2000

Подписано в печать 16.10.2007 г.
Формат. Бумага офсетная. Печать ризография.
Гарнитура «Таймс». Уч.изд.л. 5. Тираж 500 экз.
Заказ № 67/07 по

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе
ОрелГТУ
302030, г.Орел, ул. Московская, 65