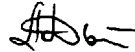


*На правах рукописи*

ДБЯЧЕНКО Елена Анатольевна



**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ  
С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ**

**05.02.08 - Технология машиностроения**

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Ростов-на-Дону - 2005**

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования

Донском государственном техническом университете

Научные руководители: кандидат технических наук,  
доцент Лебедев В.А.  
кандидат технических наук,  
доцент Шучев К.Г.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,  
профессор Бойко Н.И.  
кандидат технических наук,  
доцент Самодумский Ю.М.

Ведущая организация - ОАО Азовский оптико-  
механический завод

Защита состоится «1» марта 2005 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д212.058.02 при Донском государственном техническом университете: 344010, г Ростова-на-Дону, пл. Гагарина 1, ДГТУ, а 252.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ДГТУ

Автореферат разослан «25» января 2005 года

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
докт техн наук, профессор



А. Н. Чукарин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность.** В условиях быстрой интеграции России в мировую экономическую систему важное значение приобретает конкурентоспособность продукции отечественного машиностроения, в значительной степени зависящая от надежности и долговечности ответственных деталей производимых машин. Это обстоятельство заставляет разработчиков современной техники широко применять технологические операции отделки и упрочнения. Среди разнообразия соответствующих технологических методов особое место занимает вибрационная обработка. Достижение высоких технико-экономических показателей процесса обеспечивается правильным выбором оборудования, схемы, режимов обработки, типа рабочей среды. Тем не менее, требование высокой производительности процесса часто вступает в противоречие с его экологическими характеристиками такими, как шум и вибрации на рабочем месте оператора.

В связи с этим, решение задачи по разработке и проектированию эффективных по производительности и экологическим характеристикам технологий вибрационной обработки продолжает оставаться актуальной.

**Цель работы** - разработка научно обоснованных методик выбора технологических и конструктивных параметров вибростанков, обеспечивающих с учетом экологических ограничений наибольшую производительность виброотделочной и виброупрочняющей обработки деталей, а также нормативные уровни вибраций на рабочем месте оператора.

### **Научная новизна.**

Установлены конструкторско-технологические соотношения, обеспечивающие при виброабразивной отделочной обработке в вибростанках разных типоразмеров стационарность циркуляционного движения рабочей среды и качественно уточняющие расчетные зависимости для оценки производительности процесса.

Определен критерий эффективной загрузки рабочей средой камер вибростанков для виброударной высокоамплитудной упрочняющей обработки, позволивший описать физическую сущность механизма обработки наиболее распространенных технологических схем виброударного упрочнения одномассными моделями.

Предложен метод прямого численного моделирования для анализа эффективности протекания процесса виброударного упрочнения во времени; выявлены условия возникновения виброударных режимов целой и дробной кратности для различных технологических схем виброударного упрочнения

Установлены источники вибраций и закономерности влияния амплитудно-частотных режимов на уровень вибраций, возбуждаемых вибростанками на рабочем месте оператора

#### **Практическая значимость.**

Разработана методика выбора технологических режимов виброабразивной отделочной обработки для различных типоразмеров технологического оборудования, обеспечивающих с учетом конструктивных, технологических и экологических ограничений наибольшую производительность в условиях стационарного циркуляционного движения рабочей среды.

Для группы технологических схем виброударного упрочнения разработана методика выбора режимов, обеспечивающих с учетом размерных характеристик камер, амплитудно-частотного диапазона оборудования и экологических ограничений оптимальный с точки зрения производительности и качества поверхностного слоя характер движения частиц рабочей среды

Разработана методика расчета уровней вибраций на рабочем месте оператора в зависимости от технологических режимов и типоразмеров вибростанков, а также рекомендации по их снижению в случае превышения их над нормативными

**Автор защищает:**

- 1 Теоретические соотношения, устанавливающие стационарность циркуляционного движения среды при виброабразивной отделочной обработке деталей и связывающие производительность процесса с типоразмером технологического оборудования, режимами и физико-механическими свойствами обрабатываемого материала
- 2 Теоретические модели, описывающие физическую сущность типовых технологических схем виброударной высокоамплитудной упрочняющей обработки и метод их анализа путем прямого численного моделирования на ЭВМ с целью выбора наиболее эффективного по производительности режима обработки
- 3 Результаты экспериментальных исследований производительности и качества поверхностного слоя, формируемого в процессе виброабразивной отделочной и виброударной упрочняющей обработки
- 4 Методики выбора эффективных по производительности и экологическим характеристикам технологий вибрационной обработки деталей, а также рекомендации по снижению уровней вибраций, возбуждаемых вибростанками в рабочей зоне оператора

**Апробация работы.** Результаты работы докладывались и обсуждались на ежегодных научных конференциях ДГТУ в 1996-2004 гг, Международной конференции «Процессы абразивной обработки, абразивные инструменты и материалы», Волжский, 1998-99 гг, III, IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности», Санкт-Петербург, 1998-99 гг, научной конференции «Проблемы динамики и прочности исполнительных механизмов и машин», Астрахань, 2004 г

**Публикации.** По материалам выполненных исследований опубликовано 20 печатных работ

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения. 4 глав, общих выводов по работе, списка использованной литературы. Диссертация изложена на 155 страницах, содержит 74 рисунка, 11 таблиц, список литературы из 117 источников 2 приложений

### Содержание работы

**Во введении** обоснована актуальность работы, приведена ее цель, сформулированы основные положения, выносимые на защиту и информация о методах их получения

**В первой главе** описана сущность технологические возможности и основные характеристики процесса вибрационной обработки, приведен краткий обзор исследований производительности вибрационной обработки, а также экологичности вибрационных технологических машин

На основании анализа основных положений работ АП Бабичева, М А Тамаркина, М.М Саверина, Ю В Димова, Ю Р Копылбва, В В Перосова и других посвященных развитию и совершенствованию методов обработки в технологических гранулированных средах и в частности, вибрационной обработки были сделаны следующие выводы

- 1 Вибрационная обработка исключительно широко применяется в промышленности для сиделки и упрочнения деталей машин, благодаря широким технологическим возможностям, низкой себестоимости, простоте и надежности технологического оборудования.
- 2 Важнейшим фактором, определяющим интенсивность процесса и, следовательно, производительность вибрационной обработки, является динамическое состояние массы загрузки рабочей среды
- 3 Надежно установлено, что с ростом амплитуды, частоты вибраций высоты нагрузки производительность процесса виброабразивной обработки возрастает
- 4 Ограничительными факторами на пути форсирования режимов вибрационной обработки являются уровни шума и вибраций создаваемые в рабочей зоне.
- 5 Известные расчетные зависимости для прогнозирования производительности

виброабразивной отделочной обработки не учитывают типоразмеры вибоационного станка, которые и совокупности с его технологическими параметрами существенно влияют на характер движения массы загрузки рабочей среды и как следствие определяют эффективность обработки.

6. Наиболее распространены разновидности процесса виброупрочнения с возвратно-поступательным характером движения массы загрузки рабочей среды. Влияние стационарности режима движения массы рабочей среды на производительность и стабильность такого процесса требуют своего научного обоснования.
7. Недостаточно изучены источники и закономерности вибраций, генерируемых вибростанками в рабочей зоне оператора. Отсутствует научно обоснованная методика оценки уровней вибраций на рабочем месте оператора и рекомендации по их снижению, что исключает возможность проектирования эффективных с учетом экологических ограничений технологических процессов виброобработки.

В связи с этим в работе были **поставлены и решены следующие задачи:**

1. Обоснование конструкторско-технологических условий, при которых обеспечивается стационарность циркуляционного движения массы загрузки рабочей среды в вибростанках разных типоразмеров.
2. Уточнение расчетных зависимостей для оценки производительности виброабразивной отделочной обработки в условиях стационарности циркуляционного движения массы загрузки.
3. Установление критерия эффективной загрузки массы рабочей среды и разработка теоретических моделей наиболее распространенных технологических схем процесса виброударного упрочнения.
4. Разработка методики компьютерного моделирования процесса виброударного упрочнения во времени для обоснования наиболее эффективного с точки зрения производительности и стабильности процесса стационарного режима обработки.
5. Исследование вибраций, возбуждаемых вибростанками в рабочей зоне

оператора и выявление причин превышения их над нормативными значениями

6. Разработка методики оценки уровней вибраций на рабочем месте оператора и рекомендаций по доведению их до нормативных значений
7. Разработка методик выбора эффективных по производительности и экологическим характеристикам технологий вибрационной обработки деталей

**Во второй главе** представлены теоретические исследования производительности вибрационной обработки.

Объектами исследований выбраны два наиболее распространенных в промышленности процесса вибрационной обработки – виброабразивная отделочная обработка и виброударная упрочняющая обработка в среде закаленных стальных шариков

При этом основное внимание было сосредоточено на исследовании влияния на интенсивность обработки режимов процесса и объемов (размеров) рабочих камер, как факторов, обуславливающих динамическое состояние рабочих сред и уровень создаваемых шумов и вибраций в рабочей зоне оператора. Группы факторов, связанных с рабочей средой, параметрами материала и формы деталей в работе не рассматривались

Основным показателем производительности процесса при виброабразивной отделочной обработке деталей является съём металла, представляющий собой толщину материала удаляемого с поверхности детали в единицу времени

Из большого количества разработанных математических моделей, описывающих съём металла при виброабразивной обработке в практике инженерных расчетов предпочтение отдается эмпирическим зависимостям, как более простым и управляемым меньшим числом факторов

В этой связи их теоретическое обоснование и уточнение с целью расширения диапазона их применимости к конкретным условиям обработки,



обусловлено в основном различными типоразмерами вибростанков, применяемых для реализации виброабразивной обработки, имеет научное и практическое значение.

Обзор исследований в этом направлении показал, что наиболее перспективной для инженерного применения является эмпирическая модель для удельного съема металла, предложенная А П Бабичевым.

$$Q = 3.8A^{1,25}K_fK_vK_sK_GK_B(HB)^{-0,9}, \quad (1)$$

где  $A$  - амплитуда колебаний камеры, (мм);

$HB$  - твердость по Бринеллю материала детали;

и группа коэффициентов, учитывающих:

$K_f, K_v$  - частоту колебаний и объем загрузки камеры;

$K_s, K_G$  - зернистость и грануляцию абразива;  $K_B$ - вес детали.

Для достижения сформулированной в работе задачи и приведения этой модели к виду, более удобному для инженерного применения необходимо представить в явном виде зависимость от частоты вибраций и объема (размера) камеры. Решение этой задачи явилось предметом теоретических исследований.

На основе анализа большого числа экспериментальных данных, посвященных исследованию съема металла при виброабразивной обработке, а также работ в области динамики гранулированных сред были получены конструкторско-технологические соотношения устанавливающие.

пороговые значения амплитуды и частоты, обеспечивающие циркуляцию рабочей среды

$$A_0 \cong \frac{g}{4\pi^2 f_0^2}, (\text{мм}); \quad f_0 = 14 \text{ Гц}, \quad (2)$$

где  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  - ускорение свободного падения;

и условия образования стационарного циркуляционного движения среды

$$\frac{H}{L} \cong 1, \quad \frac{H}{d_m} > 6; \quad \frac{(A\omega)^2}{gH} < 0,5, \quad (3)$$

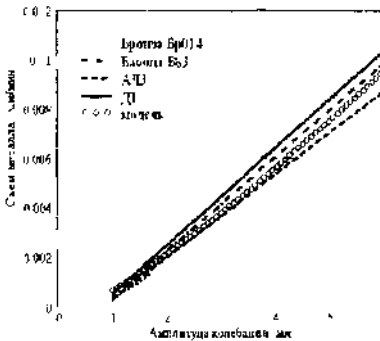
где  $H$ - высота загрузки среды,  $L$ - ширина сечения камеры;  $d_m$ - средний диаметр частиц среды.

На основании установленных конструкторско-технологических соотношении, обеспечивающих циркуляцию среды, предложена формула для инженерных расчетов съема металла при виброабразивной обработке в зависимости от технологических режимов объема камеры и физико-механических свойств обрабатываемого материала

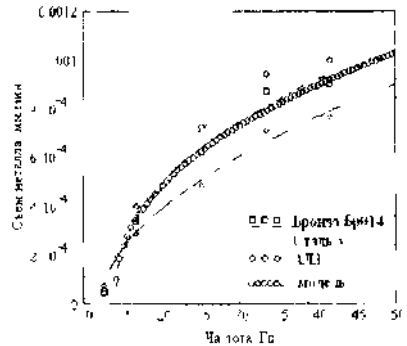
$$Q^* = \frac{K \cdot (A - A_0)^{25} \cdot \sqrt{f - f_0} \cdot \sqrt[3]{V}}{(HB)^{0.9}}, \quad (4)$$

где комплексный параметр  $K$  характеризует зернистость, грануляцию абразива, свойства технологической жидкости, твердость и вес детали.

В связи с тем, что соотношения (2,3) получены с привлечением большого числа экспериментальных данных адекватность модели (4) обеспечивается автоматически. Представленные на рис 1 результаты экспериментальных исследований позволяют с досрочной для практики точностью (в пределах 15%) рекомендовать зависимости (2 3 4) для прогноза производительности процесса, выбора режимов обработки с учетом типоразмера технологического оборудования.



(а)



(б)

Рис 1 Зависимость удельного объема съема металла приведенного к одной твердости материала детали от амплитуды (а) и частоты (б)

В отличие от виброабразивной обработки, где съем является главным показателем производительности процесса при виброударном упрочнении

## II

производительность характеризуется комплексом показателем. Упрочняющая обработка деталей, осуществляемая с целью повышения их эксплуатационных свойств обеспечивает формирование поверхностного слоя с повышенной микротвердостью, значительной глубиной наклепа, сжимающими остаточными напряжениями.

Упрочнение поверхностей ответственных, особенно крупногабаритных деталей выполняют, как правило, на станках с возвратно-поступательным движением среды, обеспечивая высокую интенсивность ударного воздействия среды по поверхности детали, такие станки обладают крайне неблагоприятными виброакустическими характеристиками. Поэтому в работе основное внимание уделено исследованию процесса высокоамплитудного виброударного упрочнения.

Представление процесса виброударного упрочнения деталей в виде виброударной системы типа - «столбик-шариков» позволило, используя известную из теории виброударных систем зависимость, описывающую величину ударного импульса передаваемого преграде (детали)

$$I = \frac{m\omega a}{n} \cdot \frac{1+R}{1-R} \cos\phi, \quad (5)$$

где  $R$  - коэффициент восстановления, одинаковый для всех ударных пар;  $a$  - амплитуда колебаний ударника, (мм);  $n$  - число шариков в столбике;  $m$  - масса шариков, (кг);  $\phi$  - фаза колебаний возбуждающего элемента, при которой происходит его соударение с соседним звеном;  $\omega$  - частота, (Гц)

обосновать критерий эффективной загрузки рабочих сред в рабочую камеру в

виде

$$n < \frac{1}{1-R} \quad (6)$$

Из анализа (5) следует, что нарушение условия (6), т.е. использование более 4х слоев шариков, приводит к полному затуханию виброударных колебаний массы загрузки, в результате чего процесс приобретает нестационарный хаотичный характер, при котором эффективность упрочняющей обработки резко снижается.

Применяемые на практике методы виброударной упрочняющей обработки могут быть реализованы по одной из четырех технологических схем проиллюстрированных на рис 2

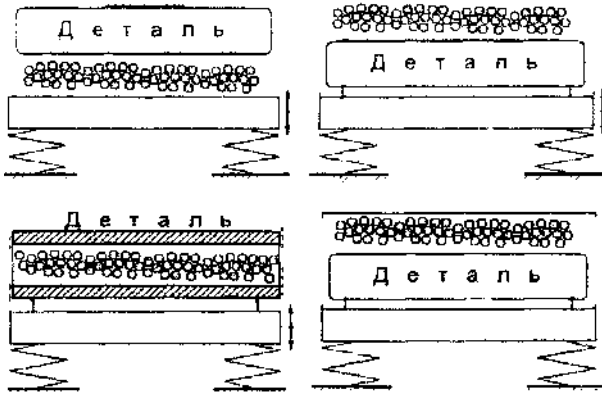


Рис 2 Основные технологические схемы высокоамплитудной виброударной упрочняющей обработки

Установление критериального условия (б) виброударную высокоамплитудного упрочнения дало возможность описать закономерности технологических схем процесса на основе анализа одномассных моделей виброударных систем

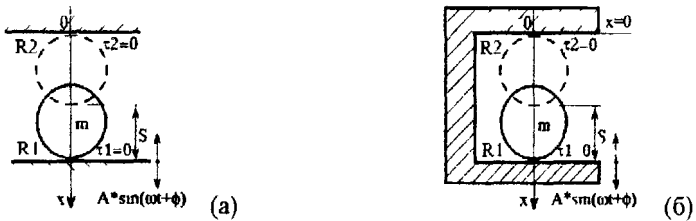


Рис 3 Модель упрочнения

а) закрепленной детали б) вибрирующей детали с упрочняемой внутренней полостью

В результате применения известного в теории виброударных систем метода приспособовывания к анализу схемы виброударной высокоамплитудной обработки, при которой деталь неподвижна рис (2, 3а) получено уравнение для расчета периода виброударных колебаний массы загрузки рабочих сред

$$T_1 = t_1 + t_2 = \frac{1}{g} \left\{ (V_1 - V_2) + \sqrt{V_2^2 + 2gX_c^* - V_1^2 - 2gX_c^*} \right\} = \frac{2\pi t}{\omega} \quad (7)$$

Здесь  $X_c^*$  координат точки соударения шарика с ударником  $V_1, V_2$  скорости шарика после удара соответственно об ударник и преграду, которые связаны с доударными скоростями  $U_1, U_2$  через коэффициенты восстановления

$$V_2 = -R_2 U_2; \quad V_1 = u_c^* - R_1 (U_1 - u_c^*),$$

$$u_c^* = \frac{d}{dt} X_c \Big|_{t=0} = \frac{d}{dt} (S - A \sin(\omega t + \phi)) \Big|_{t=0} = -A \omega \cos(\omega t + \phi) \Big|_{t=0} = -A \omega \cos(\phi)$$

где  $u_c^*$  - скорость ударника в момент соударения, (м/с),  $S$ - суммарный зазор, (мм)

Однако неучет в уравнении (7) сил тяжести не позволил эффективно провести моделирование виброударных колебаний массы рабочих сред во времени протекания процесса с использованием стандартных методик исследований виброударных систем Поэтому в работе выполнялось прямое численное моделирование процесса, основанное на применении диссипативной модели Герца-Кувабара-Коно, описывающей ударное контактное взаимодействие элементов виброударной системы

$$F_n = \bar{\Delta} (-k \cdot \Delta + k_2 u_n) \cdot n \quad (8)$$

где  $u_n = (u_2 - u_1) \cdot n$  - нормальная компонента скорости сближения поверхностей тел вдоль вектора нормали  $n$   $k$  - коэффициент жесткости контакта по Герцу для тел из различных материалов,  $\bar{\Delta}$  - перекрытие контактирующих тел,  $k_2$  - диссипативный коэффициент специфический для каждой пары материалов, а также дифференциальных уравнений движения, определенных технологической схемой обработки

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = v(t) \\ \frac{dv}{dt} = \frac{1}{m} [F_v^*(t) + F_{np}^*(t)] - g, \end{cases} \quad (9)$$

и начальных условий определенных схемой обработки

$$v(t) = v_0 \sin \omega t$$

$$v_{np}(0) = 0$$

для схемы рис 3а

$$v_1(t) = v_0 \sin \omega t$$

$$v_{np} = A \sin \omega t$$

для схемы рис 3б

В уравнении (9)  $F_{\text{в}}^*(t)$ ,  $F_{\text{np}}^*(t)$  - силы (8), действующие на шарик при контакте соответственно с ударником и преградой,  $m$  - приведенная масса столбика шариков,  $g$  - ускорение свободного падения

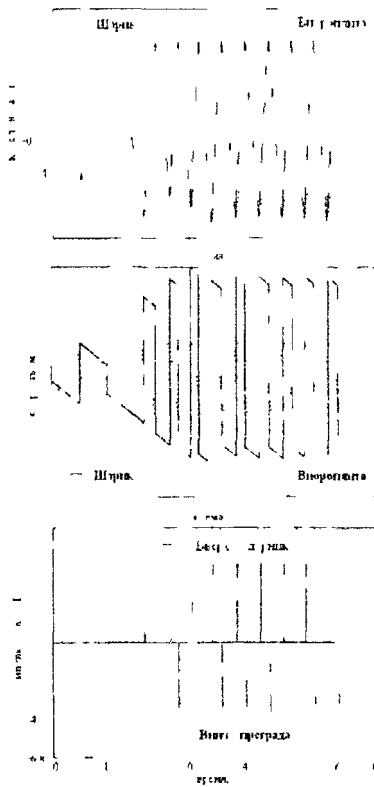


Рис 4 Временные диаграммы установления стационарных виброударных колебаний массы загрузки при обработке деталей по технологической схеме представленной на рис 3а

Типичные временные диаграммы установления стационарных виброударных колебаний, иллюстрирующие характер движения шарика (массы загрузки) и виброплиты, скорость и величину ударного импульса, полученные методом прямого численного моделирования процесса виброударной обработки (схема рис 3а) показаны на рис 4

Предложенный для исследования процессов виброударного высокоамплитудного упрочнения метод и программное средство моделирования позволяют инженеру в короткие сроки, задав амплитуду, частоту и размер зазора в вибрирующей камере, выявить характер возникающего виброударного процесса и выбрать рациональные параметры вибраций (амплитуду, частоту).

В третьей главе изложены методика и результаты экспериментальных исследований производительности процессов виброабразивной и виброударной обработки, шумо и виброактивности вибрационных станков

Экспериментально подтверждена адекватность уточненной модели интенсивности съема материала при виброабразивной отделочной обработке. Погрешность определения удельного объемного съема материала при заданных амплитуде, частоте вибрации и объеме рабочей камеры для исследованных абразивных и конструкционных материалов не превосходит 15%, что позволяет рекомендовать предложенную модель для решения технологической задачи назначения рациональных режимов работы вибрационных станков при требуемой производительности.

Экспериментальная проверка влияния режимов работы вибростанка и его размерных характеристик на стационарность и кратность виброударных колебаний массы загрузки в рабочей камере, динамические характеристики частиц, равномерность покрытия поверхности пластическими отпечатками, величину создаваемых вибронаклепом остаточных напряжений показали, что наибольший эффект виброударного упрочнения достигается в условиях стационарного режима виброударных колебаний рабочей среды с кратностью не более двух.

Подтверждено, что с ростом частоты наблюдается предсказанный теоретически рост динамического воздействия на поверхность детали величина и глубина залегания остаточных напряжений растут с ростом скоростей соударения, в свою очередь увеличивающихся с ростом частоты. Что касается влияния амплитуды колебаний на динамические характеристики процесса, то такого влияния выше пороговой амплитуды нет. Сравнительный анализ экспериментальных и теоретических исследований виброударных процессов свидетельствует, что основные закономерности, установленные на теоретических моделях получили убедительное подтверждение опытным путем.

Результаты исследований вибраций, возбуждаемых вибрационными станками на рабочем месте оператора показали, что наиболее интенсивные

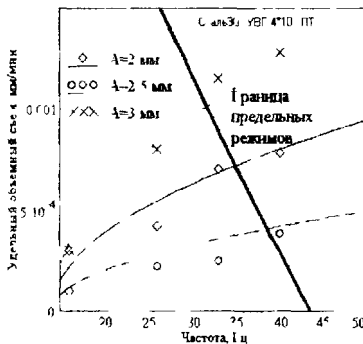
составляющие спектров вибрации сосредоточены в области низких частот и превышают нормативные значения на 8-10 дВ.

Характер спектров вибрации задается в основном возмущающим воздействием от плиты. Изменение режимов обработки сопровождается изменением интенсивности уровней отдельных составляющих при сохранении спектрального состава для различных типов вибростанков. Несущая система установок имеет малый коэффициент потерь колебательной энергии, что позволяет в расчетах виброизоляции учитывать коэффициент потерь колебательной энергии только самой опоры вибростанка.

**В четвертой главе** на основании проведенных исследований разработаны рекомендации по выбору рациональных технологических режимов и обоснованию экологических характеристик оборудования для вибрационной обработки.

Разработаны методика выбора технологических режимов виброабразивной обработки, методика оптимизации технологической системы виброударного упрочнения, методика расчета уровней вибраций на рабочем месте оператора и рекомендации по снижению экологических характеристик в случае превышения над нормативными.

В качестве примера в работе представлен вариант выбора индивидуальной опоры вибростанка УВГ 4х10, обеспечивающей выполнение нормативного уровня вибраций на рабочем месте.



На рис. 5 представлена область предельных режимов виброабразивной отделочной обработки на станке УВГ 4х10, характеризующихся резким ухудшением экологических характеристик в рабочей зоне.



## Заключение

В результате решения поставленных в работе задач, научно обоснованы закономерности, обеспечивающие повышения эффективности управления технологическими процессами вибрационной обработки, улучшение их экологических характеристик и **сделаны следующие основные выводы:**

1 Разработанные теоретические зависимости, методы анализа и методики расчета позволяют комплексно решить проблему улучшения показателей производительности и экологических характеристик технологических процессов виброабразивной отделочно-зачистной и виброударной упрочняющей обработки

2 Уточненная с учетом конструкторско-технологических соотношений зависимость удельной съема металла от режимов обработки в вибростанках разных типоразмеров позволяет в условиях стационарного циркуляционного движения массы загрузки, с достаточной для инженерной практики точностью (в пределах 15%) прогнозировать производительность технологических процессов виброабразивной отделочной обработки деталей.

3 Наибольшая эффективность виброударную упрочнения в вибростанках, реализующих возвратно-поступательное движение рабочей среды, достигается при выполнении критериальной условия загрузки виброкамеры. Установлено, что для рабочей среды в виде стальных шаров предельная загрузка не должна превышать 4-х слоев,

4 Применение прямого моделирования динамического поведения массы загрузки среды в высокоамплитудных станках для упрочняющей вибрационной обработки позволяет выявить области рациональных режимов для группы схем обработки и установить область эффективного использования режимов с различной кратностью

5 Теоретически установлено и экспериментально доказано, что производительность процесса и параметры качества поверхности при виброударной упрочняющей обработки тесно взаимосвязаны с кратностью режима и интенсивностью движения рабочей среды в виброкамере

6. Результаты теоретического исследования процесса высокоамплитудного виброударного упрочнения, разработанные технологические рекомендации могут быть положены в основу рационального выбора схемы обработки, создания требуемой оснастки применительно к имеющемуся технологическому оборудованию, обоснования и оценки амплитудно-частотных характеристик вибраций, возбуждаемых вибростанками на рабочем месте оператора
7. Назначение режимов и выбор схем обработки в соответствии с выработанными рекомендациями позволяет повысить производительность от 10% до 30% в зависимости от типоразмера технологического оборудования и заданных параметров качества обработки.
8. Разработанные методики расчета, рекомендации по выбору типа, конструкции виброзащитных устройств, звукопоглощающих материалов позволяют улучшить экологические характеристики технологического оборудования, применяемого для вибрационной обработки, и снизить их на рабочем месте оператора до нормативных величин.
9. Результаты теоретических и экспериментальных исследований работы реализованы на ОАО Роствертол для совершенствования технологий вибрационной обработки кронштейнов и фитинговых деталей.

**Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:**

- 1 Дьяченко Е А Моделирование процесса высокоамплитудного виброударного упрочнения / Е.А. Дьяченко, В.А. Лебедев, С.И. Шевцов // Вести Дон. гос. ун-та. 2004. Т. 4, № 3 (21). - С. 322-331.
- 2 Дьяченко Е.А. Моделирование динамики машин для виброударного упрочнения в Compass-simmechanics / Е.А. Дьяченко, А.П. Задорожный, С.Н. Шевцов // Проблемы динамики и прочности исполнительных механизмов и машин: тез докл. науч. конф., 7-10 сент Астрахань, 2004. С 57-58
3. Лебедев В.А. Модель производительности виброабразивной отделочно-зачистной обработки / В.А. Лебедев, Е.А. Дьяченко // Вопросы вибрационной технологии, межвуз. сб. науч. ст. / ДГТУ - Ростов н/Д, 2004 - С. 17-20

4 Дьяченко Е А Оптимизация технологических параметров ВиО на основе оценки уровня вибраций на рабочем месте оператора / Е А Дьяченко, В А Лебедев, Б Ч Месхи // Управление Конкурентоспособность Автоматизация сб науч тр / ГОУ ДПО «ИУИ АП» - Ростов н/Д, 2003 Вып 3 - С 158-163

5 Дьяченко Е А О расчете уровней шума вибрационных станков / Е А Дьяченко, И В Богуславский//Управление Конкурентоспособность Автоматизация сб науч тр /ГОУ ДПО «ИУИ АП» Ростов н/Д, 2002 Вып 1 -С 64-67

6 Дьяченко Е А О расчете виброизоляции вибрационных станков / Е А Дьяченко, А Н Чукарин // Проектирование технологических машин сб науч тр - М, 2000 - Вып 18 - С 68-69

7 Дьяченко Е А Расчет моментов инерции вибрационного станка / Е А Дьяченко // Проектирование технологических машин сб науч тр М , 2000 - Вып 18 -С 65-68

8 Дьяченко Е А Эффективность снижения шума вибрационного станка герметичным ограждением / Е А Дьяченко // Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности тр четвертой Всерос науч -практ конф с междунар участием, 16-18 июня/ Балт гос техн ун-т - Спб, 1999 С 160-162

9 Тамаркин М А Оптимизация процесса вибрационной отделочной обработки деталей / М А Тамаркин, М М Чаава, Е А Дьяченко // Процессы абразивной обработки, абразивные инструменты и материалы сб тр междунар конф, 7-11 сент -Волжский, 1998 -С 171-172

10 Тамаркин М А Вибрационные характеристики станков для виброабразивной обработки / М А Тамаркин, Е А Дьяченко // Доклады и тезисы докладов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности», 16-18 июня -С Пб, 1998 - Т 3 - С 445-446

---

ЛР №04779 от 18 05 01 В набор 20.01.02 В печать 21.01.02  
 Объем 2,6 усл п л, 1,6 уч-изд л. Офсет Бумага тип №3  
 Формат 60x84/16 Заказ № 21 Тираж 100

Издательский центр ДГТУ  
 Адрес университета и полиграфического предприятия  
 344010, г Ростов-на-Дону, пл Гагарина, 1

05.01 - 05.06

682