

05.02.02

ЭК

Н 731

ЧЕЛЯБИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИМЕНИ ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА

На правах рукописи



НОВИКОВ Александр Николаевич

УДК 621.01::62-(867+868)

РАЗРАБОТКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ВИБРОУДАРНОГО ИНЕРЦИОННО-ИМПУЛЬСНОГО ПРИВОДА  
РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА КАМНЕОБРАБАТЫВАЮЩЕГО СТАНКА

05.02.02 - Машиноведение и детали машин

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Челябинск - 1988

Челябинский институт  
Промышленного строительства

Работа выполнена в Челябинском политехническом институте  
имени Ленинского комсомола.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, с.н.с.  
А.А. ЖУКОВСКИЙ,  
кандидат технических наук,  
профессор В.В. БЫКОВ.

Ведущее предприятие - Челябинский ПромстройНИИпроект.

Защита диссертации состоится 11 мая 1988 г. в 15 часов  
на заседании специализированного совета К 053.13.02 при Челя-  
бинском политехническом институте имени Ленинского комсомола  
по адресу: 454044, г. Челябинск, пр.им. В.И. Ленина, 76,  
аудитория 244.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЧПИ  
им. Ленинского комсомола.

Автореферат разослан " 8 " апреля 1988 г.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах с подписью,  
заверенной печатью, просим направлять по указанному адресу.

Ученый секретарь  
специализированного совета,  
к.т.н., доцент

В.В. КЕСТКОВ

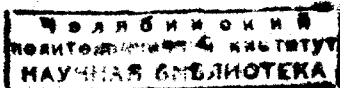
## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ



Актуальность темы. Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года решающая роль в интенсификации народного хозяйства отведена созданию и освоению новой техники, позволяющей механизировать и автоматизировать трудоемкие технологические процессы, повысить их производительность и качество выпускаемой продукции, улучшить условия труда рабочего. Одним из таких технологических процессов является обработка гранитов средней и высокой прочности. Благодаря своей распространенности, дешевизне и техническим качествам - высокая механическая прочность, долговечность, хорошая сопротивляемость истиранию и полируемость, граниты нашли широкое применение при облицовке зданий и сооружений, настлжке полов, производстве дорожных бордюров, ограничителей, плит и т.д.

В настоящее время обработка ведется в основном ручным способом, т.е. каменотес с помощью пневматического отбойного молотка и специального рабочего инструмента - бучарды производит скол поверхности заготовки из гранита. При этом сам рабочий подвержен действию вибрации и абразивной пыли. Существующие же камнеобрабатывающие станки либо не обеспечивают обработку неровной поверхности гранита, либо сложны в эксплуатации и имеют низкую производительность при их высокой стоимости. Поэтому весьма актуальна задача создания простого и экономичного привода рабочего инструмента камнеобрабатывающего станка, позволяющего повысить производительность и качество обработанной поверхности в сравнении с существующей технологией, механизировать ручной труд каменотеса. Отсутствие рекомендаций по проектировании его конструкции определило необходимость проведения исследований и создания основ рационального проектирования виброударных приводов камнеобрабатывающего станка.

Данная работа является составной частью комплексных исследований, проводимых Челябинским политехническим институтом им. Ленинского комсомола, включенных в координационные планы НИР АН СССР по проблеме "Теория машин и систем машин" на 1986-1990 г.г. (тема I.II.I.5), Минвуза СССР в области механики на 1986-1990 г.г. (тема I.3.I), а также в план НИР института по теме "Разработка и исследование инерционно-импульсного виброударного привода камнеобрабатывающего станка для обработки прочного гранита (№ ГР 01.33.0008043).



Цель работы. Работа посвящена созданию конструкции и основ рационального проектирования виброударного инерционно-импульсного привода рабочего инструмента для обработки поверхности гранита.

Научная новизна работы. Разработана математическая модель виброударного инерционно-импульсного привода (ВИИП) рабочего инструмента, отличительной особенностью которой является то, что она учитывает динамические колебания ротора приводного электродвигателя в результате изменения скорости вращения дебаланса в момент ударного взаимодействия рабочего инструмента и обрабатываемого материала, позволит исследовать загрузку приводного двигателя и работу привода в зависимости от изменения рельефа поверхности материала.

Получен комплексный критерий условной производительности, характеризующий как энергетический (энергия удара рабочего инструмента), так и частотный (частота вращения дебаланса) режимы работы привода и позволяющий однозначно определить рациональное значение параметра ВИИП.

Получены аналитические выражения, связывающие параметры ВИИП с амплитудами и частотами его элементов и позволяющие исследовать влияние параметров привода на его выходные характеристики, а также сделать выбор рациональных значений параметров привода.

Практическая ценность. Разработана простая, экономичная и работоспособная конструкция виброударного инерционно-импульсного привода с рациональными параметрами, выполненного в виде навесного устройства (а.с. № 861070). На базе серийного камнефрезерного станка СМР-019 разработана принципиально новая конструкция камнеобрабатывающего станка для бучардной обработки грубоколотых заготовок изделий из гранита (а.с. № 905105) - дорожных бордюров, ограничителей, плит, штучного камня. Разработана методика выбора и расчета рациональных значений основных параметров ВИИП для виброударной обработки поверхности гранита. Получены практические рекомендации по эксплуатации виброударного инерционно-импульсного привода бучарды.

Реализация в промышленности. Опытно-промышленный образец камнеобрабатывающего станка с виброударным инерционно-импульсным приводом для бучардной обработки грубоколотой поверхности заготовки из гранита внедрен на предприятии производственного объединения "Челюбинскмрамор" ВПУ "Ресмраморгранит" в составе технологической линии по изготовлению дорожных бордюров из прочного гранита. Эко-

номический эффект от внедрения камнеобрабатывающего станка с виброударным инерционно-импульсным приводом бучард в составе технологической линии по изготовлению дорожных бордюров из прочного гранита вместо однотипного импортного гидропневматического оборудования (камнеобрабатывающая машина SM фирмы "Карл Майер" (FRG) составляет 65 тыс.рублей. Результаты диссертационной работы, а именно, методика рационального проектирования ВМШ рабочего инструмента, использованы на Объединении предприятий дорожно-строительных материалов "Гранитс" Минавтошосдора Литовской ССР при разработке камнеобрабатывающего станка для изготовления дорожной брусчатки из прочного гранита.

Апробация. Основные результаты диссертационной работы докладывались на:

- научно-технических конференциях Челябинского политехнического института имени Ленинского комсомола, Челябинск, 1979-1987 г.г. (ежегодно);

- шестой и седьмой всесоюзных научно-технических конференциях по управляемым и автоматическим механическим приводам и передачам гибкой связью, Одесса, 1980 г., 1986 г.;

- третьей всесоюзной научной конференции по инерционно-импульсным механизмам, приводам и устройствам, Челябинск, 1982 г.;

- Областной научно-практической конференции "Участие молодых ученых и специалистов в реконструкции и модернизации предприятий, во внедрении новой техники и технологии", Челябинск, 1986 г.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 12 печатных работ, получено 6 авторских свидетельств и 2 положительных решения ВНИИПИЭ по заявкам № 3963291/33, 3964427/28.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка, включающего 173 наименования, и 6 приложений. Текст изложен на 154 страницах, иллюстрированных 76 рисунками на 47 страницах.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### I. Состояние вопроса и задачи исследования

Отсутствие простого, экономичного и надежного привода рабочего инструмента для обработки неровной (грубоколотой) поверхности изделия из гранита высокой и средней прочности является основ-

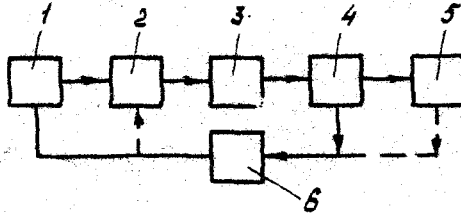
ной причиной использования ручного труда на камнеобрабатывающих предприятиях. Традиционные подходы для решения этой проблемы, т.е. использование известных ранее приводов для механизации процесса обработки гранита, приводили разработчиков к созданию дорогого и сложного оборудования с низкой экономичностью. А системного анализа, позволившего глубоко проанализировать проблему создания необходимого привода, не проводилось. Поэтому на первом этапе исследования был проведен анализ существующих способов разрушения горных пород по критериям удельных энергозатрат, применительно к обработке гранита посредством разрушения его поверхности. Он позволил выбрать наиболее экономичный - ударный способ обработки. Последующая классификация известных ударных приводов и проведенный качественный анализ по разработанной общей структурной схеме ударного привода (рис. 1) позволили выделить инерционный ударный привод, как наиболее перспективный и экономичный, реализующий вибрационный ударный способ обработки поверхности гранита (2500+3000 уд/мин). Однако известные конструкции таких приводов не нашли применения, т.к. не удовлетворяют технологическим требованиям при обработке неровной (грубоколотой) поверхности гранита. Поэтому, исходя из вышеизложенного, в диссертационной работе были поставлены следующие основные задачи:

- разработать принципиальную схему привода рабочего инструмента для обработки грубоколотой поверхности гранита;
- разработать динамическую модель привода, получить ее аналитическое решение;
- провести теоретическое исследование динамики привода и определить рациональные значения его параметров;
- провести экспериментальную проверку адекватности разработанных моделей и правильность выводов теоретического исследования;
- разработать методику проектирования конструкции и рекомендации по эксплуатации виброударного инерционно-импульсного привода, оценить эффективность его применения в сравнении с существующей технологией.

## 2. Разработка динамической модели виброударного инерционно-импульсного привода (ВИИП) рабочего инструмента камнеобрабатывающего станка

Для разработки динамической модели воспользуемся элементами теории механизмов и машин, общей теорией колебаний механических

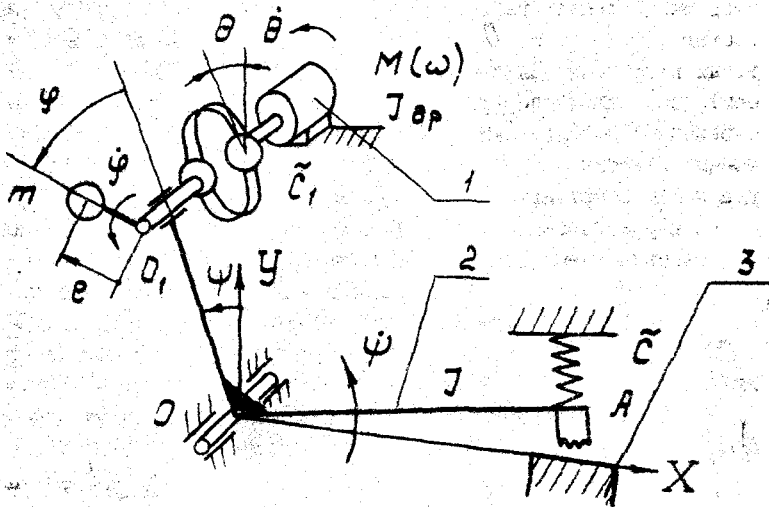
## Общая структурная схема ударного привода



1-источник энергии (И), 2-энергопреобразующее устройство (ПР), 3-энергопередающее устройство (П), 4-ударное устройство (У), 5-рабочий орган (РО), 6-устройство обратной связи (ОС), — — — основные, - - - - - возможные связи

Рис. 1

## Физическая модель виброударного инерционно-импульсного привода



1-приводной двигатель; 2-инерционно-импульсный механизм;  
3-обрабатываемый материал (гранит)

Рис. 2

систем и теорией виброударных систем, ведущее место в развитии которых занимают работы советских ученых П.М. Алабужева, О.Д. Алимова, В.К. Асташева, А.М. Ашавского, В.И. Бабичко, И.И. Блехмана, Д.Д. Баркана, А.Т. Дворникова, А.Е. Кобринского, В.О. Кононенко, Э.Э. Лавендела, Ю.И. Неймарка, И.Г. Русакова, В.Л. Рагульскене, К.М. Рагульскиса, М.И. Фейгина, А.В. Шляхтина, И.А. Янцева и руководимых ими научных сотрудников. При создании физической модели ВИИП были сделаны следующие допущения:

- 1) элементы виброударной системы абсолютно твердые тела;
- 2) потери на трение в подшипниках пренебрежимо малы, диссипация энергии в системе учитывается только при ударах рабочего инструмента об обрабатываемый материал (гранит);
- 3) удар рабочего инструмента о материал (гранит) является мгновенным и характеризуется коэффициентом восстановления скорости  $R$ ;
- 4) соединительная муфта моделируется линейно-упругим элементом.

Физическая модель (рис. 2) содержит подвижную раму  $O, O_A$ , консольно закрепленную на шарнире  $O$ , при этом в т.  $A$  с одной стороны закреплен рабочий инструмент, с другой - пружина жесткостью  $\bar{C}$ , а в т.  $O_1$  установлены опоры с подшипниками, в которых вращается вал с неуравновешенным грузом массы  $m$  (дебалансом), приводимый во вращение от электродвигателя, развивающего переменный динамический момент  $M(\omega)$ , ротор которого имеет момент инерции  $J_{\partial p}$ , через соединительную линейно-деформируемую муфту с крутильной  $\bar{C}_1$  и радиальной  $\bar{C}_1^*$  жесткостями. При вращении неуравновешенного груза массы  $m$  возникает его знакопеременная сила инерции, вызывающая угловые колебания подвижной рамы  $O, O_A$  (рабочего органа) привода с ударами рабочего инструмента об обрабатываемый материал, представленный в виде жесткого упора  $OX$ . Математическое описание было проведено на основе уравнений Лагранжа второго рода в обобщенных координатах -  $\varphi, \psi, \theta$ . Математическая модель ВИИП - система нелинейных дифференциальных уравнений (в безразмерной форме):

$$\left\{ \begin{array}{l} (1 + 2\epsilon \cos \varphi) \ddot{\varphi} + (\alpha_0 + \epsilon \cos \varphi) \ddot{\psi} - 2\epsilon \sin \varphi \dot{\varphi} \dot{\psi} - \epsilon \sin \varphi \dot{\varphi}^2 - c\psi = 0, \\ (\alpha_0 + \epsilon \cos \varphi) \ddot{\psi} + \alpha_0 \ddot{\varphi} + \epsilon \sin \varphi \cdot \dot{\psi}^2 + c_1(\varphi - \theta) = 0, \\ J_{\partial} \ddot{\theta} + c_1(\theta - \varphi) = M, \\ T_0 \dot{M} + M = \nu \left( \frac{\omega_0 - \dot{\theta}}{\omega_0} \right). \end{array} \right. \quad (I)$$



Дополнительные условия, накладываемые на систему дифференциальных уравнений (I) в момент удара рабочего инструмента об упор  $OX$  :

$$\begin{cases} \dot{\psi}_+ = -R \dot{\psi}_-; \\ \Delta \dot{\psi} = (1+R) \left(1 + \frac{\varepsilon}{a_0} \cos \varphi\right) \dot{\psi}_-, \end{cases} \quad (2)$$

где  $\psi$ ,  $\varphi$ ,  $\theta$  - обобщенные координаты, углы поворота соответственно подвижной рамы  $O, OA$ , неуравновешенного груза, вала приводного двигателя;

$\varepsilon, a_0, \beta, c, c_1, M$  - безразмерные величины, равные:

$$\varepsilon = \frac{m e \mathcal{L}}{U}; \quad a_0 = \frac{m e^2}{U}; \quad \beta = \frac{J_{\partial p}}{U}; \quad c = \frac{\tilde{c} (OA)^2 + \tilde{c}_1^* \mathcal{L}^2}{\omega_0^2 \cdot U};$$

$$c_1 = \frac{\tilde{c}_1^* \mathcal{L}}{\omega_0^2 \cdot U}; \quad U = J + m(\mathcal{L}^2 + e^2); \quad \omega_0^2 = \omega_{00}^2;$$

$m$  - масса неуравновешенного груза (дебаланса);

$e$  - эксцентриситет груза  $m$ ;

$J, J_{\partial p}$  - моменты инерции соответственно подвижной рамы  $O, OA$  и ротора приводного двигателя;

$\omega_0$  - номинальная угловая скорость вращения ротора двигателя;

$T_0$  - электромагнитная постоянная времени приводного 3-фазного асинхронного электродвигателя;

$\nu$  - коэффициент наклона статической характеристики.

С целью упрощения поиска рациональных значений многопараметрической системы ВИИП, представленной нелинейной математической моделью (НММ) (I), (2), был осуществлен переход к линейной математической модели (ЛММ).

Анализ решения НММ ВИИП (I) и (2), проведенного на ЭЦМ ВС-1060 с использованием численного метода решения системы дифференциальных уравнений (метода Рунге-Кутты) и метода приспособивания, позволили сделать вывод о том, что движение рабочего органа является периодическим и из него можно выделить главные гармоники, а нелинейные составляющие отбросить, т.е. рассмотреть только порождающую систему дифференциальных уравнений системы (I). Эта система дифференциальных уравнений для стационарных режимов колебания запишется следующим образом:

$$\begin{cases} \ddot{\psi} + a_0 \ddot{\varphi} + c \psi = 0; \\ a_0 \ddot{\psi} + a_0 \ddot{\varphi} + c_1 (\varphi - \theta) = 0; \\ \beta \ddot{\theta} + c_1 (\theta - \varphi) = M; \\ T_0 \dot{M} + M = \nu \left( \frac{\omega_0 - \dot{\theta}}{\omega_0} \right). \end{cases} \quad (3)$$

Система дифференциальных уравнений (3) с дополнительными условиями (2) представляет линейную математическую модель (ЛММ) ВИИП.

Используя интегральные преобразования Лапласа, получено аналитическое решение ЛММ ВИИП (3) для статической характеристики приводного двигателя в междурядный период стационарного режима колебания рабочего органа. Это решение позволило выявить взаимосвязь между параметрами ВИИП и амплитудами, частотами колебания его звеньев:

$$\psi = \frac{M c_1}{c \beta (1 - a_0)} [A + C_0 \cdot \cos S_1 t + E \cos S_2 t]; \quad (4)$$

$$\varphi = \frac{M \cdot c_1}{a_0 \beta (1 - a_0)} [A_1 + C_{01} t + E_1 \cos S_1 t + G_1 \cos S_2 t]; \quad (5)$$

$$\theta = -\frac{M}{\beta} [A_2 + A_3 + C_3 t + (C_2 + E_3) \cos S_1 t + (E_2 + G_3) \cos S_2 t]; \quad (6)$$

где величины  $A, C_0, E, A_1, C_{01}, E_1, G_1, A_2, A_3, E_2, E_3, C_3, G_3$  - функционально зависящие от параметров привода.

### 3. Исследование динамики ВИИП

Исследование динамики привода проводилось в два этапа:

- теоретическое исследование динамики ВИИП;
- исследование динамики ВИИП на ЭЦМ ЕС-1060.

Теоретическое исследование проводилось на основе анализа уравнения (4), определяющего закон колебания рабочего органа, а следовательно, и работу ВИИП. Оно позволило рассмотреть амплитудные и частотные характеристики  $\psi(t)$ , выделить основные параметры привода, существенно влияющие на его работу. Было установлено, что если жесткость пружины  $C$  больше крутильной жесткости соединительной муфты  $C_1$  в 25-30 раз, то собственная частота колебания  $S_2$  практически не зависит от жесткости  $C$ , а собственная частота  $S_1$  не зависит от  $C_1$  - это позволило определить рациональное условие соотношения частот  $S_1$  и  $S_2$ , которое запишется:

$$|C_0^*| \ll |E^*|, \quad (7)$$

где

$$C_0^* = -\frac{M \cdot c_1}{c \beta (1 - a_0) S_1^2 (S_2^2 - S_1^2)}, \quad E^* = \frac{M c_1}{c \beta (1 - a_0) S_2^2 (S_2^2 - S_1^2)}$$

Использование данного соотношения (7) при анализе уравнения (4) позволили выделить зоны рациональных значений основных параметров ВИИП.

Для проверки корректности выбора зон рациональных параметров ВИИП и получения конкретных значений рациональных параметров привода был проведен анализ существующих и выбор комплексного критерия оценки (критерия оптимизации), характеризующего как энергетическое, так и частотное состояние виброударной системы. На основе анализа существующих, за критерий оценки был принят критерий условной производительности ВИИП ( $\Pi$ ) равный отношению энергии единичного удара ( $E_y'$ ) к количеству оборотов приводного двигателя за предшествующий ему межуударный период ( $OB$ ) (количество оборотов двигателя между ударами рабочего инструмента). В дальнейших исследованиях для повышения точности критерия ( $\Pi$ ) и возможности оценки работы ВИИП за определенный промежуток времени был введен критерий средней условной производительности ( $СП$ ), который подсчитывается:

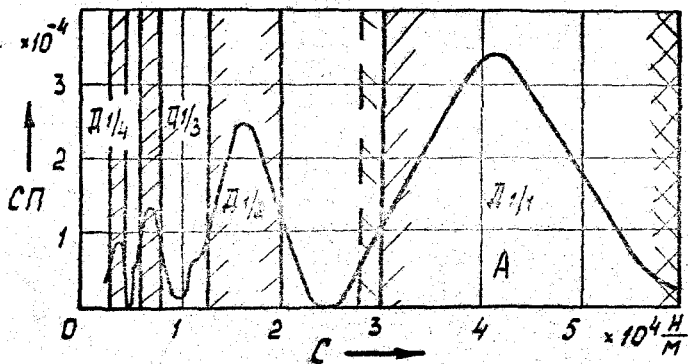
$$СП_i = \frac{\sum_i^l (\Pi_1 + \Pi_2 + \dots + \Pi_i)}{i},$$

где  $i$  - фиксированное количество ударов рабочего инструмента за определенный промежуток времени ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ).

Дальнейшие исследования динамики ВИИП проводились с использованием ЭВМ ЕС-1060, для этого был составлен ряд программ вычислений, основанных на применении методов Рунге-Кутты, припасовывания, спектрального анализа, а также стандартных подпрограмм *PKGS* и *FORIT*. Это позволило:

- осуществить сверку зон рациональных параметров  $\mathcal{C}$  и  $\mathcal{C}_1$ , полученных из теоретического исследования динамики с режимами работы ВИИП (рис. 3, 4);
- выделить зоны режимов работы ВИИП - I/4, I/3, I/2, I/I (см.рис. 3);
- определить зону рациональных значений параметров ВИИП, которой является зона режима работы I/I, т.е. когда за один оборот вала приводного двигателя совершается один удар рабочего инструмента;
- провести комплексную проверку корректности перехода от ИММ (1) и (2) к ЛММ (2) и (3): по амплитудным спектрам гармоник ( $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ ), критерию СП и зонам рациональных параметров  $\mathcal{C}$  и  $\mathcal{C}_1$ , при этом относительная ошибка линейной математической модели

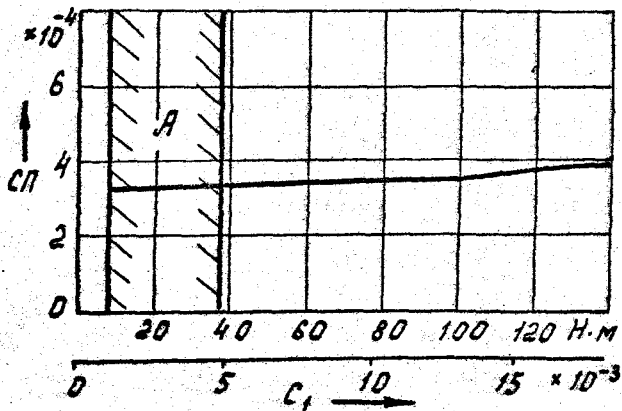
Зависимость критерия условной производительности СП от жесткости пружины С



$Д1/4$ ,  $Д1/3$ ,  $Д1/2$ ,  $Д1/1$  - области стационарных режимов работы ВИИП; А - зона рациональных значений С

Рис. 3

Зависимость критерия условной производительности СП от крутильной жесткости соединительной муфты  $С_1$



$С = 4 \times 10^4 \text{ Н/м}$  (режим работы I/I); А - зона рациональных значений  $С_1$

Рис. 4

относительно нелинейной по основной гармонике в режиме работы I/I не превышает 6 %;

- исследовать влияние параметров  $J$  и  $C$  на режимы работы ВИИП (рис. 5, 6) и загрузку приводного электродвигателя;
- исследовать влияние технологических параметров - рельефа неровностей обрабатываемой поверхности и материала на работу привода, получить рекомендации по эксплуатации ВИИП и выбору рабочего инструмента.

#### 4. Экспериментальные исследования ВИИП

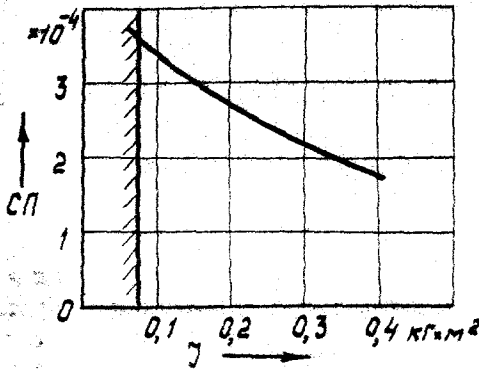
В соответствии с основными задачами, поставленными в работе, а также для экспериментальной проверки результатов теоретических исследований был разработан стенд для экспериментальных исследований. Он включает экспериментальную установку ВИИП с контрольно-измерительной, регистрирующей и согласующей аппаратурой, фотоэлектрические датчики и датчики перемещения, которые позволяют регистрировать процессы:  $\varphi(t)$  - закон колебания рабочего органа;  $P_{y2}(t)$  - ударное взаимодействие рабочего инструмента (бучарды) и гранита;  $\varphi(t)$  и  $\beta(t)$  - соответственно угловые скорости вращения дебаланса и ротора приводного электродвигателя.

Проверка адекватности разработанных математических моделей реальному приводу проводилась по амплитудному спектру частот  $\omega_1$ ,  $\omega_2$ ,  $\omega_3$  процесса колебания рабочего органа  $\varphi(t)$ . Для этого использовался спектральный анализ (метод быстрого преобразования Фурье). Вероятностно-статистическая обработка результатов замера процесса  $\varphi(t)$  проводилась в соответствии с методическими указаниями ГОСТ 8.207-76 на специализированном вычислительном устройстве "Электроника ДЗ-28" и ЭВМ ЕС-1060 по разработанным программам.

Сопоставление результатов, полученных теоретическим и экспериментальным путем, показало, что относительная погрешность математических моделей в выбранном рациональном режиме работы привода I/I по основной гармонике  $\omega_{1,2}$  составляет 14 %. Это свидетельствует о пригодности данных моделей для исследования динамики и работы ВИИП.

В соответствии с вышеизложенным, а также рекомендациями, полученными при исследовании динамики привода, была разработана методика проектирования, которая позволила определить рациональные значения параметров ВИИП, разработать его конструкции.

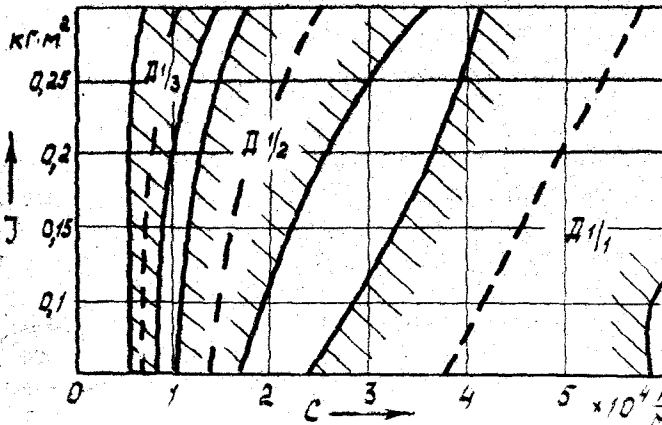
Зависимость критерия условной производительности СП  
от момента инерции рабочего органа  $J$



$C = 4,2 \times 10^4$  Н/м,  $C_I = 25$  Нм,  $\frac{1}{2}$  - ограничение по прочности конструкции

Рис. 5

Области установившихся режимов работы ВИМП в зависимости от изменения момента инерции рабочего органа  $J$  и жесткости пружины  $C$



--- рациональные значения параметров ВИМП (СП max)

Рис. 6

Оценка эффективности применения ВИИП проводилась на опытно-промышленном образце камнеобрабатывающего станка с виброударным инерционно-импульсным приводом для бучардной обработки грубоколотых изделий из гранита, разработанного на базе серийного станка СМР-019.

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Использование инерционных дебалансных механизмов позволило создать простую и надежную конструкцию виброударного инерционно-импульсного привода рабочего инструмента камнеобрабатывающего станка для обработки поверхности прочного гранита.

2. Разработана математическая модель виброударного инерционно-импульсного привода рабочего инструмента, отличительной особенностью которой является то, что она учитывает динамические колебания ротора приводного электродвигателя в результате изменения скорости вращения неуравновешенного груза (дебаланса) в момент ударного взаимодействия рабочего инструмента и обрабатываемого материала, позволяет исследовать загрузку приводного двигателя и работу привода в зависимости от изменения рельефа поверхности материала.

3. Теоретические исследования динамики виброударного инерционно-импульсного привода при стационарном режиме работы позволили установить следующее:

- условие рационального режима колебания рабочего органа определяется соотношением собственных частот  $S_1$  и  $S_2$ ;

- собственная частота  $S_1$  практически не зависит от  $S_2$ , если жесткость пружины  $C$  больше в 25-30 раз крутильной жесткости соединительной муфты  $C_1$ ;

- основные параметры, наиболее существенно влияющие на работу виброударного привода: жесткость пружины  $C$ , крутильная жесткость соединительной муфты  $C_1$ , момент инерции рабочего органа (подвижной рамы)  $J$ , момент инерции неуравновешенного груза  $J_{2p}$ , обороты вала приводного двигателя  $\omega_{2g}$ ;

- рациональный режим работы привода - режим работы I/II, т.е. когда за один оборот дебаланса совершается один удар рабочим инструментом;

- рациональным является значение крутильной жесткости соединительной муфты  $C_1$ , выбранное в диапазоне 8-35 Нм, при использо-

0330627

вании рабочего инструмента - бучарды: БЧТ-20, БЧТ-25, БЧТ-36;

- выбор значения момента инерции рабочего органа (подвижной рамы)  $J$  целесообразно производить из условия расчета на прочность ее конструкции, при этом минимизируя само значение  $J$ .

4. Полученный комплексный критерий условной производительности (СП) позволяет характеризовать как энергетический (энергия удара рабочего инструмента), так и частотный (частота вращения дебаланса) режимы работы привода и однозначно определить рациональное значение параметра виброударного инерционно-импульсного привода рабочего инструмента.

5. При разработке программы расчета на ЭВМ установлено, что с целью сокращения времени счета, повышения точности и возможности реализации разработанных математических моделей на ЕС ЭВМ целесообразно пуск программы производить заданием скорости вращения дебаланса и вала приводного двигателя, ее номинальным значением, т.е. скоростью вращения холостого хода двигателя, а оценку работы привода - по установившемуся процессу колебания его элементов после 9-10 периода колебания рабочего органа.

6. Оценка адекватности разработанных математических моделей реальному приводу показала, что относительная погрешность моделей в выбранном режиме работы  $I/I$  не превышает 14 % по основной гармонике. Это свидетельствует о пригодности данных моделей для исследования динамики и работы привода, а также для выполнения практических расчетов при проектировании ВИИП.

7. В результате проведенных исследований предложена методика проектирования виброударного инерционно-импульсного привода с рациональными параметрами и рекомендациями по его эксплуатации, а также разработаны новые конструкции виброударных инерционно-импульсных приводов рабочего инструмента, которые признаны изобретениями и обеспечивают механизированную обработку изделий из гранита, повышая производительность и улучшая условия труда рабочего-каменотеса.

8. Разработанные методики и конструкции могут быть использованы в технологических процессах виброуплотнения или виброударной обработки поверхностей материалов и горных пород высокой прочности и абразивности.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Новиков А.Н. Динамическая модель виброударного инерционно-импульсного привода камнеобрабатывающего станка с асинхронным



электродвигателем//Повышение надежности тяжело нагруженных деталей машин: Темат. сб. научн. тр. Челяб. политехн. ин-та, Челябинск, 1986. - С.108-115.

2. Новиков А.Н. Исследование устойчивости работы виброударного инерционно-импульсного привода с гибкой связью камнеобрабатывающего станка: Тез. докл. Седьмой всесоюзной научно-техн. конф. по управл. и автомат. мех. приводам и передачам гибкой связью. - Одесса: ОТИШ, 1986. - С.74.

3. Новиков А.Н., Пожбелко В.И. Виброударный регулируемый инерционно-импульсный привод технологических машин: Тез. докл. Седьмой всесоюзной научно-техн. конф. по управл. и автомат. мех. приводам и передачам гибкой связью. - Одесса: ОТИШ, 1986. - С.43.

4. Новиков А.Н., Дашкевич Л.Г. Виброударный инерционно-импульсный привод бучард камнеобрабатывающего станка: Тез. докл. Областной научно-практической конференции/Участие молодых ученых и специалистов в реконструкции и модернизации предприятий, во внедрении новой техники и технологии. - Челябинск: Челяб. Областной совет научно-техн. обществ, 1986. - С.17.

5. Новиков А.Н. и др. Уравнение движения виброударного инерционно-импульсного привода с гибкой связью/А.В. Геренштейн, В.И. Пожбелко, А.Н. Новиков//Межвузовский сб. научн. тр. Бесступенчато-регулируемые передачи. - Ярославль: ЯПИ, 1984. - С.116-118.

6. Новиков А.Н. и др. Исследование динамической модели камнеобрабатывающего станка/А.Н. Новиков, А.В. Геренштейн, С.В. Шанин: Труды Третьей всесоюзной науч. конф. Инерционно-импульсные механизмы, приводы и устройства. - Челябинск: ЧПИ, 1983. - С.111-114.

7. Новиков А.Н. и др. Исследование динамики привода рабочего инструмента камнеобрабатывающего станка/А.Н. Новиков, Г.Г. Васин, С.В. Шанин: Тез. докл. Третьей всесоюзной науч. конф. Инерционно-импульсные механизмы, приводы и устройства. - Челябинск: ЧПИ, 1982. - С.115.

8. Новиков А.Н. и др. Некоторые результаты доводочных испытаний камнеобрабатывающего станка с виброударным инерционно-импульсным приводом бучард/А.Н. Новиков, В.И. Пожбелко, С.В. Шанин: Тез. докл. Третьей всесоюзной науч. конф. Инерционно-импульсные механизмы, приводы и устройства. - Челябинск: ЧПИ, 1982. - С.99.

9. Новиков А.Н., Тарасов Ю.Г. Экспериментальные исследования эффективности камнеобрабатывающего станка с дебалансным виброудар-

ным приводом при обработке гранита // Динамика и синтез инерционных и импульсных силовых систем: Тр. Челябин. политех. ин-та. - Челябинск, 1981. - № 259. - С. 47-51.

10. Механизация процесса обработки грубоколотой поверхности гранита с применением механического виброударного инерционно-импульсного привода/А.Н. Новиков, В.И. Пожбелко, С.Н. Захаров, С.В. Шанин, Ю.Г. Тарасов: Тез. докл. Шестой всесоюз. научно-техн. конф. по управл. и автоматич. приводам и передачам гибкой связью. - Одесса: ОТИШ, 1980. - С. 88.

11. Исследование эффективности виброударных инерционно-импульсных установок для механической обработки гранита/А.Н. Новиков, С.В. Шанин, С.Н. Захаров, Ю.Г. Тарасов: Тез. докл. Шестой всесоюзной научно-техн. конф. по управл. и автоматич. приводам и передачам гибкой связью. - Одесса: ОТИШ, 1980. - С. 84.

12. Инерционно-импульсные виброударные установки для бучардирования гранита/В.И. Пожбелко, С.Н. Захаров, С.В. Шанин, А.Н. Новиков/Машиноведение: Тр. Челябин. политех. ин-та. - Челябинск: ЧПИ, 1979. - № 235. - С. 50-55.

13. А.с. № 861070 СССР, МКИ В28Д 1/26. Установка для обработки природного камня/Г.Г. Васин, В.И. Пожбелко, А.Н. Новиков, Н.П. Данилов, С.Н. Захаров, С.В. Шанин, Е.А. Попов, Г.И. Романов (СССР). - 2795903/29-33; Заявлено 12.07.79; Опубл. 07.09.81. Бюл. № 33//Открытие. Изобретения. - 1981. - № 33. - С. 42.

14. А.с. № 905105 СССР, МКИ В28Д 1/26. Станок для обработки камня/Г.Г. Васин, В.И. Пожбелко, С.Н. Захаров, А.Н. Новиков, С.В. Шанин, Ю.Г. Тарасов, Е.А. Попов, Г.И. Романов (СССР). - 2923681/29-33; Заявлено 13.05.80; Опубл. 15.02.82, Бюл. № 6//Открытие. Изобретения. - 1982. - № 6. - С. 60.

15. А.с. № 1151462 СССР, МКИ В28Д 1/26. Установка для ударной обработки природного камня/Г.Г. Васин, В.И. Пожбелко, А.Н. Новиков (СССР). - 3654858/29-33; Заявлено 24.10.83; Опубл. 23.04.85, Бюл. № 13//Открытие. Изобретения. - 1985. - № 15. - С. 54.

16. А.с. № 1168421 СССР, МКИ В28Д 1/26. Установка для обработки прочного камня/А.Н. Новиков (СССР). - 3705247/29-33; Заявлено 28.02.84; Опубл. 23.07.85, Бюл. № 27//Открытие. Изобретения. - 1985. - № 27. - С. 82.

17. А.с. № 1247297 СССР, МКИ В28Д 1/26. Установка для обработки природного камня/А.Н. Новиков, В.И. Пожбелко, Г.П. Савельев, В.М. Чалков, А.В. Чечулин, Г.И. Романов (СССР). - 3851448/29-33,

Заявлено 04.02.85; Опубл. 30.07.86, Бюл. № 28/Открытия. Изобретения. - 1986. - № 28. - С.43.

18. А.с. № 1288083 СССР, МКИ В28Д 1/26. Установка для обработки природного камня/А.Н. Новиков, В.И. Пожбелко, Л.Г. Дашкевич (СССР). - 3957484/29-33; Заявлено 30.09.85; Опубл. 07.02.87, Бюл. № 5/Открытия. Изобретения. - 1987. - № 5. - С.79.



Новиков Александр Николаевич

РАЗРАБОТКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ВИБРОУДАРНОГО ИНЕРЦИОННО-ИМПУЛЬСНОГО ПРИВОДА  
РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА КАМНЕОБРАБАТЫВАЮЩЕГО СТАНКА

05.02.02. - Машиноведение и детали машин

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

---

Подписано к печати 23.03.88. ФБ 08249. Формат 60x90 1/16.

Печ. л. 1. Уч.-изд. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ 107/409.

---

УОП ЧПИ. 454044. Челябинск, пр. им. В.И.Ленина, 76.