

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ  
КРИВОРОЖСКИЙ ГОРНОРУДНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ВАРДЕХ ХАЙСАМ

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И РАЗРАБОТКА  
ВАРИАНТОВ ИНЕРЦИОННЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ПОРШНЕВЫХ  
ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЕЙ

05.05.06 - "Горные машины"

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Кривой Рог - 1994

Робота виконана в Криворозькому горнорудному інституті

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00777567 (\$)

Научний керівитель: доктор технічних наук, професор  
КАВАРЧА І. І.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук  
УЧИТЕЛЬ А. Д.,

кандидат технічних наук

КУЧА В. В.

Ведущая організація - Інститут НИПрудмаш /г. Кривий Ріг/

Захист проводиться "24" листопада 1994 г.  
в 10:00 час. на засіданні спеціалізованого ради К. І. 6. 01. 01  
при Криворозькому горнорудному інституті, 324027, Україна,  
г. Кривий Ріг, ул. XII парт'їзду, 11.

С дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці КІРІ.

Автореферат розісланий "24" листопада 1994 г.

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

Учений секретар спеціалі-  
зованого ради, канд.  
техн. наук, доцент

ГОРБАЧЕВ Ю. Г.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Технический прогресс последних десятилетий в ряд важнейших проблем выдвинул создание высокоскоростных приводов для высокопроизводительных машин и автоматизированных поточных линий. Соответственно, созданы и продолжают совершенствоваться механизмы и устройства, использующие различные виды энергии. Среди них большое распространение получил пневматический привод, область применения которого весьма широкая - от космической техники до горного производства.

Проектными и научными организациями разработано множество конструкций инерционных поршневых вибровозбудителей, среди которых наиболее перспективными следует считать безударные, отличающиеся долговечностью, и механизмы с асимметричным циклом, как наиболее эффективные для вибротранспортирующих машин.

Вместе с тем широкого промышленного применения такие устройства не получили ввиду отсутствия простых и надежных конструкций, а также универсальных методик расчета, что обусловлено сложностью процессов, протекающих при работе инерционных пневматических поршневых вибровозбудителей.

Это определяет актуальность работы, направленной на создание надежных и эффективных конструкций безударных инерционных пневматических поршневых вибровозбудителей с широкими функциональными возможностями, т.е. могущих применяться не только в качестве собственно вибровозбудителей, но и в качестве подъемников грузов.

Целью работы является установление зависимостей между конструктивными и технологическими параметрами инерционного пневматического поршневого вибровозбудителя с асимметричным циклом и безударным режимом работы.

Идея работы - увеличить долговечность, повысить эффективность и расширить функциональные и технологические возможности инерционного пневматического поршневого вибровозбудителя за счет реализации асимметричного цикла и безударного режима работы.

Научные положения, разработанные лично соискателем, и новизна:

установлено впервые, что асимметричный безударный режим

работы инерционного пневматического поршневого вибровозбудителя в широком диапазоне рабочих частот /от 0,5 до 30 Гц/ эффективно реализуется путем взаимовызки соотношения площадей штока и поршня с взаимным расположением выхлопных и отсечных каналов. Это позволяет расширить функциональные и технологические возможности вибровозбудителя и использовать его как в качестве собственно вибровозбудителя /при частоте 10...30 Гц/, так и в качестве шагового подъемника грузов /при частоте 0,5...3 Гц/;

впервые предложен параметр асимметрии, учет которого обеспечивает асимметричный безударный режим работы, и определен диапазон рабочих значений этого параметра, численно равный 0,24...0,45;

метод расчета грузонесущей способности и шага подъема пневматического подъемника грузов, отличающийся тем, что основан на учете динамических свойств системы "канат - пневмоподъемник - груз".

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается использованием фундаментальных положений теоретической механики и термодинамики, теории пневмоприводов, современных методов моделирования и обработки результатов на ЭМ, использованием прецессионной измерительной техники, а также результатами экспериментальных исследований, показавшими удовлетворительную сходимость с теоретическими данными.

#### Значение работ:

обоснована возможность применения инерционного пневматического поршневого вибровозбудителя с асимметричным циклом и безударным режимом работы, что позволяет создать гамму унифицированных механизмов различного функционального назначения с расширенными технологическими возможностями;

разработаны методики расчета инерционных пневматических асимметричных безударных вибровозбудителя, подъемника грузов и устройства для утилизации металлических тросов резино-тросовых лент;

разработаны новые технические решения и конструкции виб-

ровозбудителя, подъемника грузов и устройства для утилизации тросов ;

разработаны предложения по расширению области применения предложенных машин в горной и других отраслях промышленности.

Новизна научных и практических результатов работы подтверждена тремя положительными решениями на выдачу патентов.

Реализация выводов и рекомендаций работы. Выводы и рекомендации работы переданы заводу "контакт" и будут использованы при разработке и постановке на производство шагового подъемника ПШП-300 и устройства для утилизации металлических тросов резиностроповых лент УТД-10Д.

экспериментальный образец вибровозбудителя типа ВПА-23 испытывается в условиях завода "контакт".

Апробация работы. Диссертационная работа и ее разделы доложены на научно-технических конференциях Криворожского горнорудного института /1992, 1993 гг./, Международной научно-технической конференции по вибротехнологии /Винница, 1992 г./, на кафедре горных машин КГМУ /Кривой Рог, 1994 г./.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 печатных работ и получено 3 положительных решения на изобретения.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Содержит 84 страниц машинописного текста, 26 рисунков, 3 таблицы, библиографию из 113 наименований, 23 страницы приложений.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Состоящие вопросы и задачи исследования

Из инерционных пневматических поршневых механизмов наибольшее распространение получили вибровозбудители. Они используются в основном в качестве приводов вибротранспортирующих машин, а также для интенсификации истечения сыпучих материалов из бункеров.

Теоретические и практические основы пневматического вибропривода заложены в работах Б.В.Суднишникова, П.М.Алабуева, Ю.Н.Попова, Е.В.Герца, Г.А.Крейнина, В.Д.Зиневича,

В.Б.Безанова, А.А.Ашавского и других ученых.

Большой вклад в теорию и практику конструирования и использования вибровозбудителей внесен И.И.Кавармой, А.Д.Учителем, А.Я.Тришковым, В.Д.Варсановьевым, Д.Г.Горбачевым, В.В.Кучмой, О.В.Кузнецовым, В.И.Креймером, В.П.Власовым, Ж.Г.Мухиним, С.Н.Куваевым и др.

В научно-технической литературе основное внимание уделяется симметричным вибровозбудителям. Выполнены исследования по созданию асимметричных вибровозбудителей, однако в них не реализуется безударный режим работы.

В результате анализа установлено, что в случае реализации одновременно безударного и асимметричного режима работы возможно не только повысить надежность и долговечность вибровозбудителей, но и расширить их функциональные и технологические возможности.

Для этого необходимо решить следующие задачи:

1. Установить условия и обосновать возможность реализации стабильного асимметричного безударного режима работы инерционного поршневого вибровозбудителя в широком диапазоне рабочих частот /от 0,5 до 30 Гц/.
2. Разработать рекомендации по проектированию и методики расчета вибровозбудителей.
3. Обосновать метод расширения технологических возможностей вибровозбудителя и образования на его основе производных механизмов.
4. Разработать конструкции инерционных пневматических поршневых безударных асимметричных вибровозбудителя, шагового подъемника грузов и устройства для утилизации металлических тросов резинотросовых лент.

#### Теоретические исследования инерционных пневматических поршневых вибровозбудителей

Теоретические исследования направлены на обоснование конструктивной схемы вибровозбудителя, обеспечивающей безударный асимметричный режим работы; параметров, показателей и соотношения геометрических размеров, обеспечивающих приме-

нение не только в качестве собственно вибровозбудителя, но и шагового подъемника грузов.

Расчетная схема безударного асимметричного пневматического вибровозбудителя бесклапанного типа показана на рис. I.

Расчетная схема пневматического безударного асимметричного вибровозбудителя

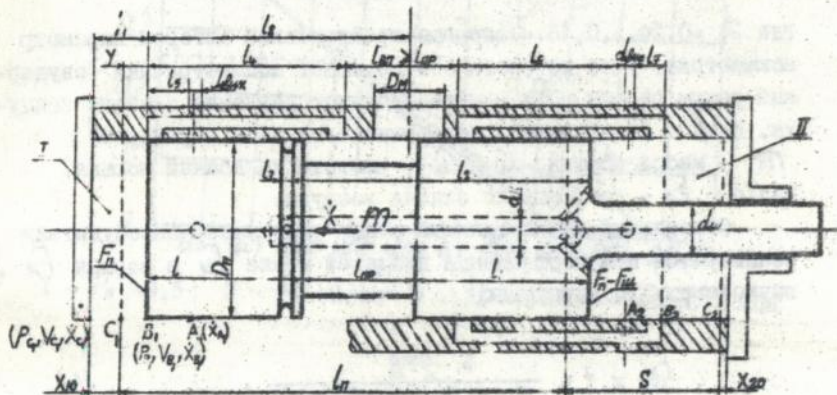


Рис. I

Применительно к показанной схеме составлены и решены дифференциальные уравнения движения поршня. В результате получены соотношения для выбора основных параметров вибровозбудителя:

где поршни после отсечки магистрали до полной остановки

$$Y = \frac{z^2 \cdot P_n \cdot F_n \cdot x^2}{4 \cdot m \cdot \omega^2} (k_s - 1); \quad /1/$$

длина отсечной камеры

$$h = \frac{z^2 \cdot P_n \cdot F_n \cdot \pi^2}{16 \cdot m \cdot \omega^2} (3k_s + 1); \quad /2/$$

ход поршня,

$$S = \frac{z \cdot k_s \cdot P_n \cdot F_n \cdot \pi^2}{4 \cdot m \cdot \omega^2}, \quad /3/$$

где  $z = 0,24 \dots 0,45$  - впервые предложенный автором параметр асимметрии, учет которого обеспечивает асимметричный безударный режим работы;  $P_n$  - магистральное давление сжатого воздуха,  $\text{Н/м}^2$ ;  $F_n$  - площадь поперечного сечения поршня,  $\text{м}^2$ ;  $m$  - масса поршня, кг;  $\omega$  - частота колебаний поршня, рад/с;  $k_s$  - коэффициент сжатия воздуха.

Стабильный асимметричный режим работы вибровозбудителя реализуется при соотношении площадей штока  $F_w$  и поршня  $F_n$ , вычисленных по выражению

$$\frac{F_w}{F_n} = 1 - \frac{2 \cdot A}{F_n \cdot S [P_n - P_a (1 - 2z)]}, \quad /4/$$

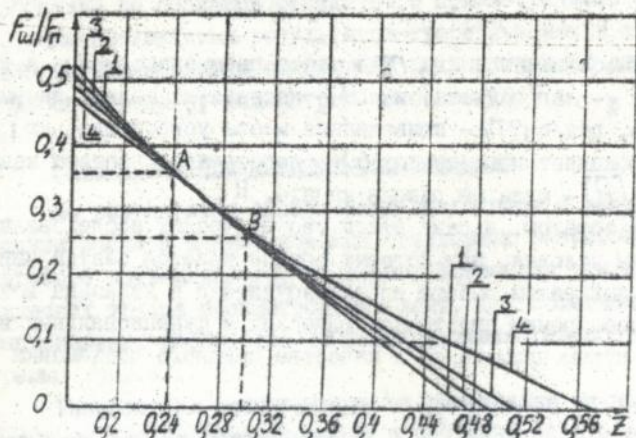
где  $P_a$  - атмосферное давление,  $\text{Н/м}^2$ .

На рис.2 представлен график зависимости  $F_w/F_n = f(z)$ . Анализ графика позволил установить диапазоны рациональных значений параметра асимметрии  $z = 0,24 \dots 0,45$ , а также относительной площади штока  $F_w/F_n = 0,03 \dots 0,35$ .

для обоснования возможности использования вибровозбудителя в качестве шагового подъемника грузов исследована динамическая модель системы "канат - пневмоподъемник - груз" /рис.3/. При этом в конструкцию вибровозбудителя включены захваты и внесены другие изменения, позволяющие применять его по новому назначению.

В результате решения дифференциальных уравнений динамики системы получена формула для расчета шага подъема

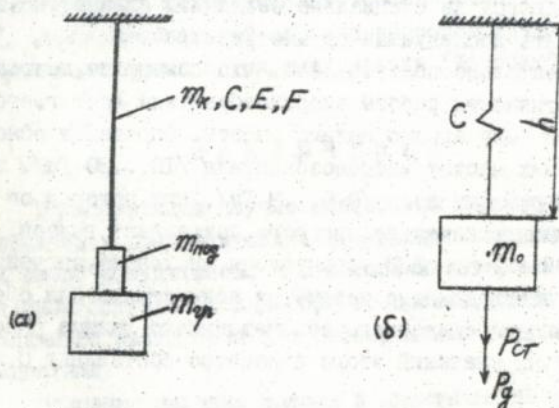
Зависимость относительной площади  
штока от параметра асимметрии



1 -  $P_n = 0,5$ ; 2 -  $P_n = 0,4$ ; 3 -  $P_n = 0,3$ ; 4 -  $P_n = 0,2$  МПа

Рис. 2

Система "канат - пневмоподъемник - груз"



а - идеализированная схема; б - динамическая модель

Рис. 3

$$S_{\text{поз}} \leq 2 \frac{[P] - (m_k + m)g}{m_0 \cdot \omega^2} \cdot \frac{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + \left(\frac{\psi}{2\lambda}\right)^2}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\psi}{2\lambda}\right)^2}}, \quad / \omega /$$

где  $m_k$  - масса каната, кг;  $m$  - масса пневмоподъемника и груза, кг;  $S_{\text{п}}$  - шаг подъема, м;  $\omega$  - частота колебаний пневмоподъемника, рад/с;  $m_0$  - приведенная масса устройства, кг;  $\psi$  - коэффициент поглощения;  $\omega_0$  - собственная частота каната, рад/с;  $[P]$  - сила на разрыв каната, Н.

Таким образом, в результате теоретических исследований установлены условия, при которых обеспечивается безударный асимметричный режим работы вибровозбудителя и доказана возможность расширения его технологических и функциональных возможностей путем применения в качестве шагового подъемника грузов.

#### Экспериментальные исследования инерционных пневматических поршневых вибровозбудителей

Экспериментальные исследования проводились с целью подтверждения результатов теоретических исследований, а также для отработки элементов конструкции вибровозбудителя. Исследования проводились на специально созданном стенде, позволяющем варьировать исследуемые параметры.

Экспериментально подтверждено, что повышение долговечности и эффективности работы вибровозбудителя достигается при реализации безударного режима работы. Определен основной диапазон рабочих частот вибровозбудителя /10...30 Гц/, а также дополнительный диапазон /0,5...3 Гц/, при котором он может быть использован в качестве шагового подъемника грузов.

Моделированием на ЭВМ установлены численные значения теоретически предложенного параметра асимметрии. Для обеспечения стабильного безударного асимметричного режима работы диапазон рабочих значений этого параметра составляет 0,24... 0,45.

Моделированием на ЭВМ установлены рациональные конструктивные параметры шагового подъемника грузов, обеспечива-

ющие грузоподъемность 0,5...20 кН при скорости подъема не менее 0,1 м/с.

Экспериментальные исследования подтвердили теоретические положения по созданию безударного асимметричного вибровозбудителя. Расхождения результатов теоретических и экспериментальных исследований следующие: по вынуждающей силе не более 7 %, по параметру асимметрии не более 10 %.

### Реализация результатов исследований

По результатам выполненных исследований разработаны методики расчета пневматических безударных вибровозбудителя, шагового подъемника грузов и устройства для утилизации металлических тросов резинотросовых лент. Для облегчения выбора рациональных параметров вибровозбудителя разработана номограмма /рис.4/.

Разработаны рекомендации по расширению технологических возможностей вибровозбудителя и созданию на его основе производных механизмов. С использованием этих рекомендаций разработано устройство для утилизации тросов.

Методики расчета и рекомендации по проектированию переданы заводу "Контакт" для использования при разработке и постановке на производство шагового подъемника ПШП-300 и устройства для утилизации металлических тросов резинотросовых лент УТД-ЮД. Экспериментальный образец вибровозбудителя испытывается в настоящее время в условиях завода "Контакт".

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации научно обоснованы конструкции и параметры инерционных пневматических безударных асимметричных поршневых вибровозбудителей, что обеспечивает решение важной задачи создания актуальных для горного производства машин и устройств различного назначения и с расширенными технологическими возможностями.

Основные научные выводы и практические результаты работы заключаются в следующем:

Номограмма для определения конструктивных параметров вибровозбудителя

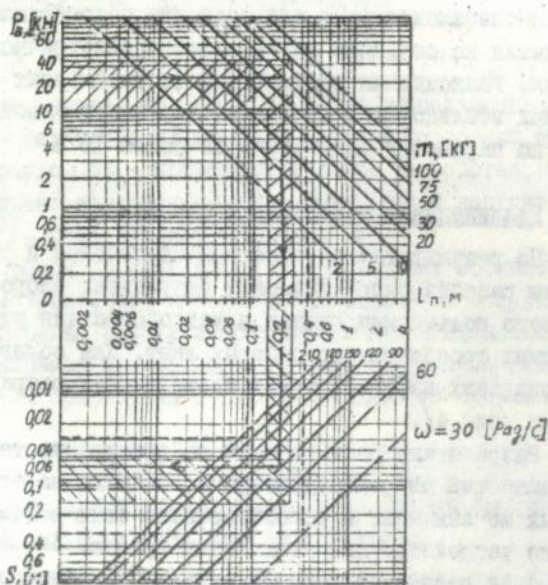


Рис. 4

1. Установлено, что расширить технологические возможности вибровозбудителя и использовать его также в качестве подъемника грузов возможно при обеспечении безударного асимметричного режима работы в широком диапазоне рабочих частот /от 0,5 до 30 Гц/. Данный режим реализуется путем взаимодействия соотношения площадей штока и поршня с взаимным расположением выхлопных и отсечных каналов.

2. Получены расчетные зависимости, позволяющие выбрать рациональное соотношение площадей штока и поршня и определить месторасположение выхлопных и отсечных каналов с учетом предложенного в работе параметра асимметрии, численно равного 0,24...0,45. Установлено, что соотношение площадей штока и поршня в пределах 0,25...0,3 обеспечивает устойчивую работу

вибровозбудителя в широком диапазоне изменения давлений.

3. Обоснована возможность создания на базе вибровозбудителя производных устройств с новыми потребительскими свойствами, разработана конструктивная и расчетная схемы устройства для утилизации металлических тросов резинотросовых лент и на примере этого устройства продемонстрирован метод расширения технологических и потребительских возможностей вибровозбудителя. Особенность предложенного метода состоит в учете результатов комплексного, структурного и параметрического, анализа всех звеньев вновь образованного механизма.

4. Разработан метод расчета грузонесущей способности и шага подъема подъемника грузов, учитывающий динамические свойства системы "канат - пневмоподъемник - груз".

5. Разработаны методики расчета пневматических безударных асимметричных поршневых вибровозбудителя, подъемника грузов и устройства для утилизации металлических тросов резинотросовых лент.

6. Результаты исследований переданы заводу "Контакт" для использования при разработке и постановке на промышленное производство шагового подъемника ПШП-300 и устройства для утилизации металлических тросов резинотросовых лент УТЛ-ЮД. На этом же заводе испытывается экспериментальный образец вибровозбудителя ВИА-23.

Новизна разработок подтверждена тремя положительными решениями на выдачу патентов.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Вардек Х. Выбор параметров пневматического инерционно-го вибровозбудителя для привода горнотранспортных машин/ Совершенствование и развитие отделочно-зачистной, финишной и пластической обработки деталей: Материалы международной научно-технической конференции 21-24 сентября 1992 г. - Винница, 1992. - С.62.

2. Вардек Х. Универсальный шахтный вибрационный пневмоподъемник/ Совершенствование и развитие отделочно-зачистной,

финишной и пластической обработки деталей: Материалы Международной научно-технической конференции 21-24 сентября 1992 г. - Винница, 1992. - С.63.

3. Каварма И.И., Вардех Х. Выбор рациональных параметров безударных вибровозбудителей с асимметричным циклом. - Кривой Рог, 1993. - 8 с. - Деп. в ГНТБ Украины 31.08.93, № 1806-Укр93.

4. Каварма И.И., Вардех Х. К проблеме утилизации металлических тросов резинотросовых лент. - Кривой Рог, 1993. - 6 с. - Деп. в ГНТБ Украины 04.10.93, № 1915-Укр93.

5. Каварма И.И., Вардех Х. Обоснование и выбор параметров шагового пневмоподъемника. - Кривой Рог, 1993. - 12 с. - Деп. в ГНТБ Украины 04.10.93, № 1916-Укр93.

6. Пневматический вибровозбудитель: Полож. решение НИИПЭ по заявке № 5014674/29 от 09.12.91 г./Каварма И.И., Вардех Х.

7. Устройство для снятия полимерного слоя с нитевидной арматуры изделий: Полож. решение НИИПЭ по заявке № 5020337/05 от 21.04.92 г./Каварма И.И., Вардех Х.

8. Шаговый подъемник: Полож. решение НИИПЭ по заявке № 5014379/29 от 02.12.91 г./Каварма И.И., Вардех Х.



ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

ВАРДЕХ ХАЙСАМ

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И РАЗРАБОТКА  
ВАРИАНТОВ ИМПЕРИОННЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ПОРШНЕВЫХ  
ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЕЙ

05.05.06 - "Горные машины"

Автореферат диссертации на соискание ученой  
степени кандидата технических наук

---

Подписано в печать 18 мая                      Формат 60x84/16  
Печать плоская. Объем I п.л.    Тираж 100 экз. Заказ № 54

---

Ротапринт КГРИ, 324027, Украина, г.Кривой Рог,  
ул. XXII партсъезда, II

AB 30.326