**Ольштынский, Николай Васильевич. Исследование и создание гидравлического привода виброконвейера : Дис. ... канд. техн. наук : 05.13.07.- Москва РГБ 2002**

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи ОЛЬШТЫНСКИЙ НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

уда 621.868(088.8)

ИССЛЕДОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА ВИБРОКОНВЕЙЕРА

05.13.07 - Автоматизация технологических процессов и производств

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель доктор технических наук, грофессор Н.Я.СМОЛЬНИКОВ

Научный консультант кандидат технических наук, доцент В.Ф.АТАМАНОВ

Волгоград 1999

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

ВВЕДЕНИЕ 5

ГЛАВА I. ПОСТАНОВКА ЦЕЛИ И ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ . . 13

1. Основные типы вибрационных конвейеров 13
2. Анализ исследований вибрационных при­водов 25
3. Цель и задачи исследований .... 29

ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА

ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ВИБРОПРИВОДА 32

1. Структурный синтез гидравлического вибропривода 32
2. Синтез структурной схемы органа упра­вления 37
3. Объект исследования 44
4. Обоснование допущений и методика оп­ределения действующих сил 48
5. Расчетная схема и математическая мо­дель работы гидравлического вибропри­вода 56
6. Определение технических показателей вибропривода 61

Выводы по главе 2 64

ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИ­ЧЕСКОГО ВИБРОПРИВОДА НА ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКА­ЗАТЕЛИ ВИБРОКОНВЕЙЕРА 66

1. Влияющие факторы и диапазон их изме­нения 66
2. Циклограмма рабочего процесса ... 68

-3­

1. Зависимость технических показателей вибрококвейера от диаметра плунжера генератора импульсов 72
2. Зависимость технических показателей виброконвейера от давления рабочей жидкости гидропривода 75
3. Влияние массы транспортируемого груза 77
4. Влияние отношения площадей поршневой и штоковой полостей исполнительного гидроцилиндра 79

Выводы по главе 3 81

ГЛАВА 4. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА ВИБРОКОНВЕЙЕРА 84

1. Условия испытаний 84
2. Измерительная и регистрирующая аппа­ратура 95
3. Определение точности эксперименталь­ных исследований 100
4. Планирование проведения эксперимента 102
5. Обработка результатов измерений. . . 104

Выводы по главе 4 108

ГЛАВА 5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕ­СКОГО ПРИВОДА 109

* 1. Анализ осциллограммы рабочего процесса 109
	2. Зависимости технических показателей от диаметра плунжера генератора им­пульсов 118
	3. Зависимость технических показателей

от давления рабочей жидкости .... 123

-4­

* 1. Зависимость технических показателей

от массы транспортируемого груза . . 126

* 1. Зависимости технических показателей от отношения площадей поршневой и штоковой полостей 129

Выводы по главе 5 132

ГЛАВА 6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ 134

1. Динамика движения транспортируемого

груза 134

1. Методика инженерного расчета . . . 138
2. Рекомендации по совершенствованию конструкции гидравлического вибропри­вода ..... 141
3. Рекомендации по использованию резуль­татов работы 147

Выводы по главе 6 . . 149

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 151

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 155

ПРИЛОЖЕНИЕ I. РАСЧЕТНЫЕ ПРОГРАММЫ 165

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ДОКУМЕНТЫ 174

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время вибрационные машины и механизмы применя­ются практически во всех сферах человеческой деятельности: ма­шиностроении, строительстве, транспорте, горном деле, металлур­гии и других. Направленные колебания осуществляемые вибрацион­ными машинами в значительной мере ускоряют технологические про­цессы, связанные с обработкой и транспортированием деталей и самых различных материалов / I /.

В автоматизированном производстве штучных изделий применя­ют вибрационные питатели и ориентирующие устройства, осуществ­ляющие межоперационное транспортирование и автоматическое пита­ние рабочего оборудования полуфабрикатами и деталями. К таким машинам относятся вибрационные бункерные питатели, осуществляю­щие разделение и ориентирование поступающих навалом штучных из­делий, а также вибрационные лотки-транспортеры и подъемники, пе­ремещающие изделия в горизонтальном и вертикальном направлении. Кроме того, вибрационные машины используют для транспортирова­ния насыпных грузов в различных отраслях промышленности к кото­рым относят вибрационные конвейеры, вибрационные питатели и пи­татели-грохоты.

Вопросам вибротранспортирования посвящена обширная научная и патентная литература /I, 51, 60, 67, 73, 76 и др./. Этой проблеме посвящены исследования И.И.Блехмана, Б.И.Крюкова, Э.Э. Лавендела, Г.Ю.Дканелидзе, В.А.Повидайло, Я.Г.Пановко, А.А.Крю­кова, А.А.Бекасова, А.О.Спиваковского, И.І.Гочаревича, Р.М.Бру- мберга, С.Бетчера, Г.Зайделя, К.Вемайера и др.

Как показывают вышеприведенные исследования основным узлом вибрационной машины (ВМ), определяющим степень ее совершенства,

надежность, функциональные возможности, а зачастую и стоимость, является вибратор, назначение которого состоит в преобразовании подводимой энергии в энергию механических колебаний.

Современные вибротранспортирующие машины оснащены в основ­ном электромеханическими, электромагнитными и реже пневматичес­кими и гидравлическими приводами.

Чаще всего применяются вибраторы, основанные на силовом принципе возбуждения колебаний - инерционные. Приводы с кине­матическим принципом возбуждения применяются преимущественно для резонансных виброконвейеров. Из кинематических основное применение получили эксцентриковые электромеханические.

Инерционные вибровозбудители по характеру движения неурав­новешенной массы разделяются на циркуляционные (дебаланеные, планетарные) и возвратно-поступательные (электромагнитные, пор­шневые, пневматические и гидравлические).

Циркуляционные вибровозбудители обычно выполняются дебалан- сными и обеспечивают амплитуду колебаний (4...10)- 10-3м при частоте (16,6...25) с-^, и скорости вибротранспортирования (0,1...0,4) м/с. При частоте колебаний ниже 16,6 с-'\*’ значитель­но увеличивается масса дебалансов и пусковые нагрузки на элек­тродвигатель, а при частоте выше 50 с-\* быстро выходят из строя подшипники. Следовательно, циркуляционные вибропитатели не до­пускают регулировку в широком диапазоне скоростей / 15/.

Виброконвейеры с дебалансным приводом позволяют получить стабильную производительность, но из-за больших амплитуд коле­баний грузонесущего органа увеличивается динамическая нагрузка на опоры виброконвейера и узлы машины.

Электромагнитные возбудители имеют частоту 50 Гц, при амп­литуде колебаний (I...1,5)\*10\_3 м, что позволяет достигать ско­ростей вибротранспортирования до 0,15 м/с, однако длина конвей­ера ограничивается до 3...5 м /15, 79/.

Вибротранспортирующие машины работают в жестком режиме ви­брационных перегрузок. Применяющиеся подшипники должны быть специального исполнения. Обмотки электродвигателей и электрома­гнитов должны быть изготовлены с применением специальных вибро- стойких составов. Кроме того, большие трудности инерционного привода предполагает процесс запуска электродвигателя, устано­вочная мощность которого может в значительной степени превышать потребляемую в установившемся режиме. Большинство вибропитате­лей должны регулироваться по производительности, что весьма за­труднено и требует специальных устройств.

Более предпочтительно перед вышеописанными вибрационными машинами выглядят пневматические и гидравлические вибраторы, позволяющие плавно регулировать частоту и амплитуду колебаний.

Пневмовибраторы выполняются двух типов: реактивного и ак­тивного. В реактивном возмущающая сила передается машине под действием сил инерции, возникающих при перемещении массы порш­ня, а в активных - поршень связан штоком с вибрационной машиной. Величина возмущающей силы зависит от давления газа и площади поршня и регулируется вентилями по расходу и давлению.

Однако, к.п.д. пневматических приводов не превышают 0,3 - -0,4. Кроме того, они обладают значительными габаритами и метал­лоемкостью.

Требования современной техники к габаритам, массе, регули­рованию параметров вибраторов, а также стремление использовать вибрации во все более широком диапазоне машин и процессов, с наибольшей эффективностью, заставляют искать другие типы вибро­

приводов.

Благодаря общеизвестным преимуществам гидропривода и его широкому использованию в современных машинах, применение гидро­системы как источника энергии во многих случаях оказывается и технически и экономически наиболее оправданным. От других типов вибраторов гидравлические выгодно отличаются повышенной удельной мощностью, герметичностью, пониженным уровнем шума, возможностью в широком диапазоне варьировать амплитуду и частоту вибраций/2/. Причем к.п.д. гидравлических виброприводов достигает 0,9, а ме­таллоемкость и габаритные размеры в 2...3 раза меньше.

Недостатком известных и применяющихся в промышленности при­водов вибраторов, независимо от их типа, является то, что все они имеют симметричный цикл работы, аналогичный широкоизвестным дебалансным механическим и электромагнитным вибраторам. Иными словами, грузонесущий орган движется в прямом и обратном напра­влении по идентичному закону, причем цикличность работы не увя­зывается с циклограммой движения транспортируемого груза. Это приводит к тому, что за один цикл перемещения груза он подверга­ется неоднократному воздействию грузонесущего органа, что приво­дит к снижению скорости транспортирования, измельчению и повыше­нию энергозатрат.

Суммируя вышесказанное можно сделать вывод, что гидравличе­ские поршневые виброприводы выгодно отличаются от всех перечис­ленных тем, что за счет конструктивных особенностей позволяют добиться ассимметричности цикла по заданному закону и обладают следующими преимуществами: повышенная удельная мощность; малые размеры; герметичность; пониженный уровень шума; возможность ре­гулирования технологического процесса в широком диапазоне; по­вышение ресурса; энергосбережения по сравнению с другими типами приводов.

Однако, пока еще нет хорошо освоенных и серийно выпускае­мых гидравлических вибрационных приводов, которые могли бы быть унифицированными и предлагаться для широкого использования при решении различных технологических задач во всех областях тех­ники.

Поэтому, проблема создания гидравлического виброконвейера, отвечающего современным технологическим требованиям производ­ства, позволяющего регулировать амплитуду и частоту колебаний, обладающего повышенной удельной мощностью и надежностью, явля­ется актуальной.

Целью работы является обоснование параметров и разработка гидравлического привода, позволяющего повысить уровень надежно­сти, эксплуатационные показатели и способность регулировать те­хнологические параметры виброконвейера.

Автор защищает:

* структурную схему гидравлического привода, обеспечиваю­щую выполнение функционального назначения ее элементов;
* математическую модель работы гидравлического привода ви­броконвейера;
* результаты теоретических и экспериментальных исследова­ний динамики работы виброконвейера;
* новую конструкцию гидравлического вибропривода, обеспе­чивающую высокую надежность и эксплуатационные показатели, а также способную регулировать технологические параметры виброкон­вейера;
* методику инженерного расчета параметров гидравлического привода.

В первой главе рассматриваются различные типы существующих

приводов вибрационных конвейеров, особенности их работы и экс­плуатации. Обозначаются требования, предъявляемые к современ­ным конструкциям вибрационных приводов. Проводится обзор тео­ретических исследований динамики их работы. В этой же главе формулируется цель и ставится задача исследований.

Во второй главе проводится синтез оптимальных структурных схем гидравлических вибрационных механизмов на основе важнейших положений теории конечных автоматов и авторских свидетельств /86-89/. Разрабатывается принципиально новая конструкция вибро­привода и математическая модель, описывающая динамику ее рабо­ты. Установлены зависимости технических показателей работы виб­роконвейера от его конструктивных, силовых и энергетических па­раметров.

В третьей главе для вычисления функций разрабатывается блок-схема и программа расчета на ЭВМ, исследована циклограмма и динамика рабочего процесса вибропривода. Получены функциональ­ные зависимости технических показателей виброконвейера от диа­метра плунжера генератора импульсов, от давления рабочей жидко­сти аккумуляторного привода, от массы транспортируемого груза и от соотношения площадей поршневой и штоковой полостей исполни­тельного гидроцилиндра. Это позволило определить критерии опти­мизации параметров гидравлического вибропривода.

Четвертая глава посвящена описанию разработанного и изго­товленного полноразмерного стенда гидравлического виброконвейе­ра, на котором проводились экспериментальные исследования, а также описаны условия эксперимента в промышленных условиях. Описывается выбор изменяемых параметров, диапазон и шаг их из­менения. Обосновываются параметры точности и выбор измеритель- но-регистрирующей аппаратуры. Описывается методика планирования

и постановки экспериментов, а также методика статистической об­работки результатов исследований.

В пятой главе приводятся результаты экспериментальных ис­следований. Проведен анализ осциллограммы рабочего процесса ги­дравлического привода. Установлена качественная и колличествен- ная сходимость результатов аналитических и экспериментальных исследований. Экспериментально подтверждены выводы, полученные при аналитических исследованиях.

В шестой главе приведена математическая модель описывающая характер движения транспортируемого груза и проведено его сог­ласование с движением грузонесущего органа, при этом определен критерий оптимальности, используемый в методике инженерного расчета. Разработана методика инженерного расчета, выполненная в виде блок-схемы и программы для ЭВМ, позволяющая определить рациональные значения необходимых для проектирования конструк­тивных, силовых и энергетических параметров гидравлического ви­бропривода, обеспечивающих эффективную работу виброконвейера. Кроме того, на основе использования законов общей теории струк­турного синтеза гидравлических импульсных систем, разработана перспективная конструкция гидравлического генератора импульсов, имеющего раздельную, кинематически не связанную, систему управ­ления.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с Межреги­ональной госбюджетной научно-исследовательской секцией 07 "Раз­работка и внедрение средств механизации и автоматизации в маши­ностроении и в черной металлургии" по теме "Разработка и созда­ние гидравлических виброконвейеров" (номер госрегистрации 0194 РК 01200). Полученные в работе результаты могут быть использо­ваны в выполнении расчетов и разработке технической документа-

ции виброприводов гидравлических виброконвейеров, а методика инженерного расчета может быть положена в основу технического задания на их изготовление и промышленное освоение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена задача создания эффектив­ного гидравлического привода виброконвейера, путем синтеза оп­тимальной структурной и конструктивной схемы с последующим вы­водом уравнений функционирования и технических показателей ра­боты; создания алгоритма и программы определения силовых, кон­структивных и энергетических параметров экспериментального и опытно-промышленного образца. На основании использования ре­зультатов исследований может быть разработано техническое за­дание на постановку вибромашин на серийное производство.

В целом основные результаты работы формулируются в следую­щих общих выводах:

1. Проведен синтез оптимальных структурных схем гидравли­ческих вибрационных механизмов на основе важнейших положений те­ории конечных автоматов, который позволил определить е качестве оптимальной структурную схему двухблочного агрегатированного ви­бропривода.
2. Разработана принципиально новая конструкция виброприво­да, оригинальность которой подтверждена четырьмя авторскими сви­детельствами.
3. Исследована динамика рабочего процесса разработанной конструкции вибропривода. Получены функциональные зависимости технических показателей виброконвейера от диаметра плунжера ге­нератора импульсов, от давления рабочей жидкости аккумуляторно­го привода, от массы транспортируемого груза и от соотношения площадей поршневой и штоковой полостей исполнительного гидроци­линдра, что позволило определить критерии оптимизации парамет­ров гидравлического вибропривода.

-152­

1. Разработана программа (для ЭВМ) расчета рациональных па­раметров экспериментального образиа гидравлического виброконвей­ера.
2. Разработан, изготовлен и испытан на стенде и в промыш­ленных условиях экспериментальный образец гидравлического виб­роконвейера. В результате экспериментальных исследований по ос­циллограмме рабочего процесса установлено, что в сливной маги­страли в период закрывания клапана-золотника наблюдаются утеч­ки рабочей жидкости снижающие эффективность работы виброконвей­ера.

Экспериментально подтверждено, что величина перемещения плунжера генератора импульсов на участке его торможения, всегда оказывается меньше величины его разгона при перемещении в обра­тную сторону. Это предполагает создание системы управления со смещением сливных окон на величину необходимую и достаточную для стабильной работы привода.

Экспериментально установлено, что с увеличением рабочего давления жидкости в гидроприводе возрастает амплитуда и часто­та колебаний грузонесущего органа, что приводит к увеличению эксплуатационных показателей вибрационного конвейера. Для ис­пытанного образца вибропривода рациональное значение *Рр -* 12,5 МГІа.

При определении оптимального диаметра плунжера можно при­нять условие

Установлено, что любому сочетанию конструктивных силовых и энергетических параметров гидравлического вибропривода соответ­ствует некоторое значение массы транспортируемого груза, при котором технические показатели максимальны.

Экспериментально подтверждено существование оптимума от-

ношения площадей поршневой и штоковой полости исполнительного гидроиилиндра, равного 1,85, при котором работа виброконвей­ера наиболее эффективна.

1. Установлена качественная и колличественная сходимость результатов аналитических и экспериментальных исследований. Предельные отклонения расчетных значений не превышают погрешно­стей обработки экспериментов и составляют 3...20% и адекватны друг другу на уровне значимости 0,05.
2. Определен характер движения транспортируемого груза и проведено его согласование с движением грузонесущего органа.

При **ЭТОМ ДОЛЖНО ВЫПОЛНЯТЬСЯ** условие ***Тп.Г.- Т% \**** 7$ ***+7],*** , которое при­нято в методике инженерного расчета в качестве критерия опти­мальности.

1. Разработана программа (для ЭВМ), позволяющая определить рациональные значения необходимых для проектирования конструк­тивных, силовых и энергетических параметров гидравлического ви- броприЕОда, обеспечивающих эффективную работу виброконвейера. Рациональными параметрами определенными по разработанной про­грамме являются: давление рабочей жидкости аккумуляторного гид­ропривода 12,5 МПа, диаметр плунжера генератора импульсов 0,06 м; масса транспортируемого груза 1500 кг, диаметр поршня ис­полнительного гидроцилиндра 0,125 м, диаметр штока исполните-

***п***

льного гидроцилиндра 0,08 м, расход рабочей жидкости 1,3\*10" м3/с.

1. На основе использования законов общей теории структур­ного синтеза гидравлических импульсных систем, разработана пер­спективная конструкция гидравлического генератора импульсов, имеющего раздельную, кинематически не связанную, систему управ­ления: отдельно клапан и отдельно золотник со сливными окнами.

Предлагаемая конструкция системы управления позволит избежать утечек рабочей жидкости в период закрывания клапана, что повы­сит эффективность работы гидравлического вибропривода.

1. Полученные результаты могут быть положены е основу те­хнического задания на разработку и постановку гидравлического вибропривода на производство.

-155- СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматическая загрузка технологических машин: Справочник /Под общ.ред. И.А.Клусова/ И.С.Бляхер, Г.М.Варьяж, А.А. Иванов и др. - М.: Машиностроение, 1990. - 400 с.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Б.В. Планирование экс­перимента при поиске оптимальных условий. - М.: Наука,
3. - с.98-142.
4. Анохин О.Н., Мельков Ю.П., Самойлов Н.И. Следящий гидроме­ханический вибратор для дробления стружки при точении. -

В кн.: Новые достижения науки и техники в технологии маши­ностроения. Орел, 1976. с.9-12.

1. Альтаментова Е.А. и др. Оценка погрешностей тензодатчиков и динамических элементов: Методы и приборы тензометрии // Выпуск № I. - 1964. - М. с.107-110.
2. Атаманов В.Ф., Ольштынский Н.В. Экспериментальные исследо­вания гидравлического вибропривода //Актуальные проблемы машиностроения: Труды республиканской конференции по проб­лемам машиностроения Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1989.

- 220 с.

1. Атаманов В.®., Ольштынский Н.В. Испытания гидравлического вибрационного привода // Труды университета. Вып.1. - Ка­раганда: КарГТУ, 1996. с.66-69.
2. Атаманов В.Ф., Ольштынский Н.В. Создание и исследование ги­дравлических виброприводов // Вибрация и диагностика машин и механизмов: Тез.докл. научн.техн.конф. - Челябинск: ЧПИ, 1990. с.10—II.
3. Баранов В.Н. Теоретические исследования самоуправляющегося гидравлического вибрационного механизма // Известия вузов.

-156­- М.: Машиностроение, 1963. - № 9. с.98-109.

1. Баранов В.Н., Захаров Ю.Е. Электрогидравлические и гидрав­лические вибрационные механизмы. - М.: Машиностроение,
2. - 326 с.
3. Башта Т.М.Машиностроительная гидравлика. - М.: Высшая школа, 1977. - 605 с.
4. Бауман В.А., Быховский И.И. Вибрационные машины и процес­сы в строительстве. - М.: Высшая школа, 1977. - 256 с.
5. Блехман И.И.Синхронизация динамических систем. - М.: На­ука, 1971. - 324 с.
6. Богомолов А.И., Михайлов К.А. Гидравлика. - М.: Госстрой- издат, 1973. - 305 с.