**Суворов, Дмитрий Григорьевич. Теория и методы проектирования пневмотрамбователей для уплотнения грунтов и смесей : диссертация ... доктора технических наук : 05.05.04.- Новосибирск, 1998.- 361 с.: ил. РГБ ОД, 71 99-5/317-2**

Министерство *общего и* профессионального образования

Российской Ф<

Новосибирский государственный архитектурно\* строит ельнкк уьшверситет

На правах рукописи

СУВОРОВ ***МШШ*** ІЖГОРЬЕШ і



Теория и методы проектирования: пневштрамбователей для уплотнения грунтов И смесей

о ; ;-оезйДиуМ'"ВА:;, і/&ССі: , '

' етис,;,"2о ***И*** ***ЇЇ-Г.ЛьЩЬ*** V

 д *f~s*т.;

;; Шеодайьносїі135,05,04 - Дотэожные ж

: і: \*

, ; - 7 “■■'.лйнкя £>АК :л-.сж; строительные

: *U>* ;• машины

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук

Новосибирск 1998

Введение . . . . . . .

1. Состояние вопроса и задачи исследования ......
	1. Особенности уплотнения грунтов в промышленном и гражданском строительстве .......
	2. Грунтоуплотняющее оборудование для работы в стес­ненных условиях строительного производства... . .
		1. Ручные машины для уплотнения грунтов первой зо­ны обратной засыпки ..............
		2. Средства механизации для уплотнения грунтов второй зоны засыпки ..............
		3. Уплотнение обратных засыпок глубоких пазух-ще­лей (зона 3) и пазух под трубопроводами (зона 4)
		4. Общие требования к грунтоуплотняющим машинам для выполнения обратных засыпок в стесненных условиях
	3. Основные направления научных исследований по уп­лотнению грунтов. ................
	4. Анализ исследований в области разработки теории

и создания пневматических ударных машин .....

* 1. Задачи исследования ..........
1. Разработка структурной классификации, вопросы стру­ктурного анализа и синтеза УЖ и пневмотрамбовате- лей ............ .....
	1. Проектирование структурных схем: пневматических ударных механизмов (ПУМ), символика и изображе-
	2. Анализ структурной схемы УПМ по операциям' внутре-

' — *о,* \_

ннего рабочего процесса машиш .......... ^

* 1. Предложения по структурной классификации У1Ж. . ЮЗ
	2. Применение структурной классификации к анализу

УИ/Ї . . . . 109

* 1. Применение структурной классификации к синтезу

УШ ..... ■ III

1. Вопросы динамики и совершенствования рабочего про­цесса пневмотрамбователей . 115
	1. Разработка и описание базовых математических мо­делей пневматических трамбователей 115
	2. Экспериментальное исследование рабочего процесса пневматических трамбовок. ...... 129
		1. Рабочий процесс и технические характеристики поршневых УШ ................. 130
		2. Применение метода силовых, кинематических диа­грамм при экспериментальном: исследовании УІМ. . 138
	3. Совершенствование пневмотрамбователей н.а основе анализа осциллограмм рабочего процесса. ..... 147
		1. Улучшение энергетических показателей рабочего

цикла машин .................. 147

* + 1. Рабочие циклы пневмотрамбователей с улучшенны­ми вибрационными характеристиками 154
	1. К определению расхода сжатого воздуха УЕМ .... 161
	2. Некоторые зависимости, вытекающие из диаграмм

рабочего процесса пневмотрамбователя. ...... ig7

* + 1. Генерируемый импульс. ..... ... J07
		2. Уравнения термодинамики да отдельных процессов
		3. К расчету пневмоударного механизма по средним интегральным значениям давления сжатого возду­ха в управляемых полостях. . . . 171
1. Особенности технологического процесса уплотнения

грунта пневматическими трамбователями. ........ 175

* 1. Импульсные диаграммы грунтоуплотняющих машин со свободно падающей трамбующей плитой . 175
	2. Ударное взаимодействие пневмотрамбователей с

грунтом 182

* + 1. Основные зависимости характеристик ударного взаимодействия с параметрами внутреннего рабо­чего цикла пневмотрамбователей . 182
		2. Некоторые результаты экспериментального иссле­дования ударного взаимодействия пневмотрамбо-

вателя с грунтом 189

* + 1. Сравнительная оценка эффективности уплотнения ' грунта шаботным и бесшаботным трамбователями . . 200
	1. Рабочие характеристики и режимы уплотнения грун­та бесшаботных пневмотрамбователей ........ 203
1. Разработка принципиальных схем пневматических трам­боват елей с управляющими устройствами (автоматами)

в системе воздухораспределения. .......... 214

* 1. Краткая история создания теоретических основ дис­кретных систем автоматики. ....... 214
	2. Основные понятия и предпосылки проектирования УПМ

с управляющими устройствами-автоматами . 217

* 1. Операции рабочего цикла УШ и графы последова­тельности их выполнения. ............. 223
	2. Узлы объектов управления УПМ . 229
	3. Объекты управления УПРЛ и их типовые математичес­кие модели. 234
	4. Проектирование управляющего устройства - управляю­щего автомата и алгоритма функционирования систе­мы управления воздухораспределением 236
		1. Математическое представление управляющего уст­ройства 236
		2. Графы состояний УУ системы В. Р. УЕМ. ....... 241
		3. Установление внутренних состояний многотактных 247

автоматов ......... 247

* + 1. Разработка алгоритма функционирования системы управления воздухораопределением УЕМ. ...... 248
	1. Построение структурно-функциональной схемы АСУ воздухораспределением УПМ 252
	2. Алгоритм разработки структурно-функциональной

схемы УПМ с АСУ воздухораспределением: ....... 255

* 1. Техническое проектирование системы управления воздухораспределением' УЕМ 258
1. Вопросы конструирования грунто-уплотняющего обору­дования для обратной засыпки на основе пневмати­ческих трамбователей. ........ 281
	1. Технологические предпосылки и обоснование пара-

9 ОТ

метрического ряда пневмотрамбователей ....... *си1*

* 1. Построение параметрического ряда пневмотрамбо­вателей 285
	2. Особенности конструкций подвески и манипуляторов,

И О О

применяемых для трамбователей .

* 1. Основные- этапы общей методики проектирования

уплотняющего оборудования на базе пневмотрамбова­телей .... .......... 304

Заключение

Литература

Приложения



Актуальность теш

Отечественны, и зарубежный опыт по механизации уплотнения грунтов обратно'!'- засыпки в строительстве показывает, что прове­дение этих работ вызывает значительные трудности, так как они не могут быть выполнены гру нтоуплотнителькьп, я машинами общего назначения. Зто связано с особенностью технологических процес­сов, которые сводятся к следующему:

* при выполнении обратных засыпок необходимо обеспечить сохранность возводимых и смонтированных элементов инженерных сооружен:і’ , что ограничивает силовые параметры процесса уплот­нения ;
* работа ведется в стесненных и особостесненных условиях строительно '- площадки с рассредоточенными объемами в ограниче­нных но размерам и ел; . но конфигурации рабочих зонах;
* норгы плотности, уложенного при засыпке грунта, дол ны быть достаточно висока составлять С,9Г...С,99 от максималь­но’"' стандартно" плотности.

Подобные условия резко снижают производительность извест­ных грунтоунлотнительных машин или делают их применение эконо­мически нецелесообразны!,:. Кедо уплотнение засыпного грунта из- за его просадки приводит к разрушению элементов зданих и соо­ружены- и затрудняет их дальнехшу: эксплуатацию. Па per :октно- восстановителыше работы затрачиваются значительные дене.жные средства, дефицитные материалы и трудовые ресурсы, ^о данным бывшего минстроя СССР стоимость только ремонтных г атериаяов составляла свыше 1-го млрд.руб в год. Годовоы объе: грунта при обратных засыпках по странам СНГ превышал І млрд.м (дан­ные и-ПООЮТ). Анализ средств механизации, применяемых при уп­лотнении грунтов обратно-- засыпки показал, что они мало э />ек- тивны при работе с тяжелыми глинистыми грунтами и механизируют не более четверти всего объема работ в строительстве.

Перспективны!', направлением разработки оборудования дал ме­ханизации уплотнения грунтов обратных засыпок является создание машин с непосредственны!, и комбинированным воздействием актив­ного ударного органа ка грунт, к которым относятся пневматичес­кие бвсшаботные трамбовки. Они просты по конструкции, долговеч­ны и ективнг. при уплотнении различных по ЛЇЗИК**0**-; .еханическим свойствам грунтов. Применение их в строительстве сдерживается отсутствием производства машин с необходимыми техноко-эконоги- ческими характеристика!.:!:, что, в свою очередь, не обеспечено теоретически обоснованные методами проектирования.

Как показали исследования, бесшаботные пневматические тра- мбователи с усовершенствованы;.ми система:, л управления воздухо- реопределение! реализуют энергосберегающие циклы и имеют широ­ки-’: диапазон изменения генерируемого ударного импульса в преде­лах 0...10; способны выполнять работы во всех зонах уплотнения обратных засыпок, предусматрива емых СКиїїами.

Зыше изложенное подтверждает актуальность исследованы" по разработке теории методов расчета и основ конструирования, а также создания новых видов оборудования для уплотнения грунтов обратно.' засыпки. ~ комплексе исследования направлены иг per е- :тпе а^.л-:о- научно-техническл' проблемы го повышению эгТ.ективно- сти и устранению непроизводительных материальных и трудовых за­трат в гражданском и промышленном строительстве при выполнении

отого специального вида работ.

Исследования выполнены в соответствии с плакали ПлР Ново­сибирского государственного архитектурно-строительного универ­ситета (до 1993 г. ИТСИ ш. 1.3.Куйбышева), совместными плана­ми ШСИ и БШ4ЙСТ.ЇІ! (г.Гимки, Г.'осковско'' обл., I960 г.), коорди­национным планом Госкомитета по науке и технике СССР. (Пробле­ма С.9I.0I.I~. Постановление Госкомитета Созета ■ инистров СССР по науке п технике 390 от 05.11. 7G г.), планами ПИР,

. финансируемых из республиканского бюджета по единому заказ-на­ряду и "Грантам" комитета по высшей школе Гиннауки России Т9°3 ...199? г.г.

"ель работы. Разработка и совершенствование теории, мето­дов расчета и конструкций' пневмоударньгх машин для уплотнения грунтов обратно засышш.

"Ідея работы состоит в использовании для уплотнения грунтов и обратно" засышш в строительстве пневматических бесшаботных требователен с непосредственным, комбинированным воздействие:.: ударного рабочего органа на обрабатываемую среду; в применении в их конструкции специальных возді'>юраспределительнітх устройств с блока: и логического управления значительно улучшающими энер­гетические и основные технико-экономические показатели пневма­тически:- ударных уплотнителе-.

/.дя достижения поставленной цели и реализации идеи работз.; были определены следующие задачи исследования:

1. Провести анализ известных средств механизации для упло­тнения грунтов обратных засыпок, этапы их совершенствования и разработки конструкций, определить наиболее перспективные из

них и на г:рш ере пневматических ударных уплотнителе:: выработать и обосновать общий подход к проблеме создания высоко©G активных грунтоуплотнительных машин для гражданского и промышленного строительства.

1. Получить математические модели пневматических ударных машин с трамбующим рабочим органом и на их основе исследовать динамику и особенности рабочего процесса, режимы уплотнения грунтов и область их рационалый:: технологических параметров, разработать рекомендации душ совершенствования существующих

и разработки новых более s./.ективних машин с улучшенными энер­гетическими и технологически.:: характеристиками.

1. Разработать методы проектирования ударно-пневматическг.х механизмов с авто: этическими системами управления подачей сжа­того воздуха ***в*** рабочие камери с применением элементной базі: промышленной пневмоавтоматики, предяо. жть их структурную клас­сификацию , основы анализа и синтеза, математические модели ра­бочих цшслое, объектов управления, управляющих устройств, а так :е алгориті.: построения их уункциональшх схе;..
2. Разработать и обосновать г етодику аналитического проек­тирования ударных пневматических угаютнителех-трамбователе:'': для производства обратных засыпок и не основе исследований предло­жить размерно-параметрическип ряд машин.

Метода исследования

З диссертационной работе использованы аналитические и экс­периментальные методы исследования. Аналитические исследования проведены на основе обобщенных уравнешы Лагранжа второго ряда для систем с реакциями кеголономных связе", законов термодина- пики для тепломеханических систем, как совокупности твердых и термодинамических тел переменно\* . , >сы, основ теор ! ки грунтов и теории автоматических систем управления процессами. Экспериментальные исследования выполнены в лабораторных и про­изводственных условиях с использованием современно- измеритель­но'- аппаратуры.

Научные результаты, защищаемые автором

£. Передача энергии грунту в процес с еуплотнения пневмотра- мбователем осуществляется комбинированным силовым воздействием ударных и ударно-статических игпульсов такт: образом, что сред­нее интегральное значение силы импульсов, де ствующи па пор­шень-шток машины, равно алгебраическо:" сумме сил тяжести корпу­са машины и составляющей усилия накатия, приложение" к корпусу.

1. 3 структуре рабочего цикла пневмотрамбователя для 2аз разгона и выбега при холостом и рабочем ходе поршня, кроме им­пульсов, обеспечивающих необходимое ускорение или замедление движения поршня-штох;а входят и: пульсы, противодействующие раз­гону или выбегу, частичное или полное устранение которых обес­печивает повышение энергии удара машины в 1,3...1,5 раза.

П. Снижение вибрационных параметров пневмотрамбователя к, в частности, на 20...3СҐ наибольшего смещения корпуса, соверша­ющего колебательное движение в "плавающем” ремиме, достигается за счет уменьшения величии разнонаправленных и равновеликих им­пульсных пар суммарно- диаграммы сил от с::атого воздуха, тяке- сти и усилия начатия, действующих на корпус за время, равное о .дном:7 циклу. Для сохранения при ото:., энергии удара машины го­ло; ительная импульсная пара, действующая при рабочеі ходе поро-

ня, должна быть уменьшена за счет преобразования юрмы ммпуль- соб (сокращения плеча пары), а не их абсолютных значенії".

1. На участке впуска сжатого воздуха в каглеры при холостом и рабочем ходах производная переменного давления по времени яв­ляется величине0' постоянной, среднее значение которой при сете­вом давлении 0,5 \*ТСа составляет 4,5.1C ... 4,С.ХСС Па.с для

С

рабочей и 2,7.I0L Па.с для камеры холостого хода, при этом зави­симости расхода и ударного шзгульса от давления описыва:отся ли­нейными уравнениями с опытными коэ?-' гщпентаглк.

•5. Пг.едставлекие пневмоуцарных механизмов в виде графичес­ких модуле-’\*, отражающих структурные особенности е о з духора спреде- лительш.х систем, как систем с элементами силовых, управляющих и инбормациоішкх устройств и расіфнвающпх і ’ного^ункциоцельность их звеньев дает возможность применить при их проетклровании ме­тоды теории машин-автоматов и промышленной пневмоавтоматики, ра­зрабатывать системы воздухораспределения с логическими блоками управления.

Достоверность научных положенії и рекомендаций диссертаци­онной работы базируется на накопленном отечественном и зарубе­жном опыте аналитических и экспериментальных исследований, про­ектирования пневматических ударных машин и доказывается сходи­мостью и сопоставимостью результатов теоретических и экспериме­нтальных исследований; использованием общепринятых апробирован­ных допущений при аналитическом исследовании пневмоударных сис­тем; производственными испытаниями устройств, разработанных на основании проведенных исследовании.

Научная новизна исследований:

* получены экспериментально-аналитические зависимости между параметрам рабочего циісла бесшаботного пневмотрамбователя, его силой тяжести, усилием нажатия и механическими свойствами грун­тов, вскрывающи е особенности процесса уплотнения и определяющие рациональные ударные и ударно-статические режимы работы машины, включая с прониканием трамбующей плиты в грунт и образованием грунтового ядра;

- обоснованы методы п предложены технические решения повы­шения энергетических характеристик и улучшения вибробезопасности пневмотрамбователей путем изменения ^ормк и величины импульсов сил, действующих на поршень-иток и корпус трамбователя за время фаз их движения при выполнении рабочего цикла;

* получена аналитическая зависимость для определения расхо­да воздуха, потребляемого пневіотрамбователем по геометрически: и кинематическим параметра:.: его пневмоударного механизма, а так же производной пере:.,енного давления по времени, которая на учас­тках впуска сжатого воздуха в камеры рабочего и холостого ходоз является величиной постоянной.;
* разработана структурная классификация пяевмоударных меха­низмов на основе предложенных графических ілодуле. , способствую­щая проектированию эй ективких пневмоударных машин и их воздухо­распределительных систеїл как объектов с автоматизировакшл.ш сис­темами воздухораспределенпя, для которых обоснованы грамм выпол­нения рабочих циклов, модели объектов управления, алгорнтг про­ектирования управляющих устройств (автоматов);

- обоснован размерно-параметрически' ряд характеристик мне- вмотрамбователем, вклаяащи;: б качестве основи::';: параметров эне­ргии удара и массу ударной части, принятых из ряда предпочти­тельных чисел 5, рациональные начальные скорости соударения плиты с грунт**01** и частоту ударов. Ряд гозволяет упорядочить про­ектирование, изготовление и применение строительных пневмотрам- бователе-.

Личных вклад автора заключается: ь "юр' улировке идеи и цели работы, в выполнении теоертическнх эксперт ектальпых исследований , обобщении результатов, разрабо­тке методик расчета выбора параметров бес::іаботпих пневг атиче- ских трамбователей с традиционными и автоматизированными, ишо- чающие логические блоки управлення, воздухораспределительные : стро-ства; к; г создал::: структурная класск./’кгцііп пневмоударпкх :.:еханизмов на основе структурных модуле" и признаков их воздухо- распредел . льных устройств; разработке принципиальных схем и конструкций ручных трамбовок ТПВ-7, ИП-45С2, внедренных в произ­водство .

Практическое значение работы

Разработаны л апробированы методы расчета параметров пнев­матических траі.:бозок и обеспечения ::х влбробезопасности. В ос­нове і.етодики лемат сравнения, связывающие ударны:': и:.пульс ге- нерируем.ых машиной и ее удельный ударный импульс с параметра: :п энергетического рабочего цикла и свойствами грунта.

Приведены рекомендации по улучшению знерегтических парамет­ров рабочего цикла и снижению аі шлитуды колебания корщса машины

за счет преобразования чормы импульсов результирующей силы о? с.;атого воздуха, во з действующе- па поршень-цилиндр за время ци­кла в отдельные базы движения.

Разработаны методы проектирования пневматических ударит: уплотнителей с автоматизированными системами управления подаче- эн ерго но сителя в управляемые полости машины, включающие струк- турпуе классификацию, совокупность графовых моделей рабочих процессов, объектов управления, Функциональных схем, **содержащих** блок:: логических элементов и позволяющих разрабатывать энерго­сберегающие воздухораспределительные устройства.

Предложены и разработаны перспективные пневмоударные меха- низі ы, защищенные более двадцатью авторскими свидетельствами СССР и патентами России, применение которых обеспечит создание высокоэффективных средств механизации дтя уплотнения грунтов об­ратно- засыпки.

&ля бесшаботных грунтоуплотняющих машин с активным рабочим органом предложен способ построения их рабочих характеристик, по которым определяются рациональные режимы у ^ г;г.енжя грунта и

технологические процессы, обеспечивающие гарантированное качество уплотнения.

Показано, что в качестве логических устройств в системе управления воздухораспределениеі могут быть использованы стан­дартные блоки, выполненные на струйных или мембранных элемента:: пневмоавтоматике, что снизит стоимость изготовления и обеспечит надежность работь пневмотрамбователе5', снаб:;:енных АСУ.

Реализация результатов работы

Результаты работы реализованы в вибробезопасных пневмати­ческих трамбовках ТПП-7, ШТ-4502, серп” но внедренных ка предпри­ятии ГГ7-?!/", б. Удмурт СКо:~ ЛСГ!Р.

Рекомендации ***z*** результаты исследования но структурно.' кла­ссификации анализу :: синтезу пневі юудартг х механизмов, ©позво­ляющие совершенствовать супцествующие и разрабатывать принципи­ально новые ударные устройства с понпченнкм расходог. воздуха, переданы д***ля*** применения во ТТ7Т7Ї г.У.имки, "основско-- области.

Основные положения и рекомендации диссертационной работ:: были использован:- гри проектировании штевматическо" бесшаботыо" ударно" машины по договору, выполненному по единому заказ-наря­ду (Г.™\*) ?ійниотврсзрва общего и профессионального образования Р? і; исследованиях, проводиш по конкурсу "Грантов" отого ге “и- нпстєрства.

Апробация работ

Основные результаты, представленные в диссертации доклады­вались ". был:: одобрены на научно-технических конференциях -ТАГ (1967, 1968,1972,I99C...S6 г.г.); Новосибирском областной НТК ттгп0 ЇТАС (193Г,,19Г,Г г.г.); на семинаран "7плотнение грунтов в стесненных условиях строительства" Новосибирского ТИГИ (I97G, 1984 г.г.); на Всесоюзных научно-технических совещаниях "Основ­ные направления технического уровня и качества ручных машин" (г.Даугавпилс, 1387,1989 г.г.); на технических совещаниях по внедрению грунтоуплотнятощей машины ТМ-Г CT-CF "Строымеханизации" г.Владимир, объединения "Стро-техника" Минстроя СССР (г..Моек- ва, 1976,1978 г.г.); на заочно’ всероссийской конференции по ру- ному механизированному инструменту (г.Новосибирск, IS93 г.); на международной конференции Московского строительного университе­та, май IS96 г.

Образцы новых пневмоударных машин демонстрировались на ВДНХ и диссертант в числе др. соавторов разработок был награжден дву­мя бронзовыми медалями ЗДШ. (1968, 1984 г.г.).

Публикации

По материалам диссертации опубликовано 55 работ, в том чис­ле 36 в центральных журналах и тематических сборниках ПГАС и тіГІ~ СО РАН, подготовлено 15 научно-технических отчетов, связанных с выполнением планов НИР ПГАС (до 1993 г. ШІСП им.З.З.ТСуйбышева), совместных планов ПГАС и ЗПШСШ (г.’.’осква, 1980 г.); ПГАС и ТТ.І СО АН СССР (Новосибирск, 1974,1977 г.г.); координационного плана Госкомитета по науке и технике СССР (Проблема 0.21.01.II. Поста­новление Госкомитета Совета Пниистров СССР по науке и **технике** 390 от 5.II.76 г.); планов ШІР, динансируемых из республикан­ского бюджета в выполняемых по единому заказ-наряду и "Грантам" комитета по высшем школе Шннауки России 1993. ..1995 г.г.

Получено 50 авторских свидетельств СССР и патентов Российс­кой федерации на изобретения.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 303 наименовании и приложения.

Общий объем работы 350 страниц, в тої. числе С ТВ страниц ос­новного текста, 6L рисунков и 15 таблиц на 72 страницах.

Диссертация является законченной научно-ксследовательской работой, содержащей научное обоснование, теоретические основы ра разработки и внедрения пневмотрамбователей ~ эффективных средств механизации," обеспечивающих решение проблемы по уплотнению гру­нтов обратных засыпок в строительстве\* Выполнен комплекс анали­тических и экспериментальных исследован# динамики, рабочих процессов, систем подачи и распределения зкергоносктеж, техно­логических особенностей бесшаботных пневматических трамбовате- лей; получены результаты, позволяющие проектировать машины с рациональными параметрами к оптимальными репинами уплотнения. Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем,

1. На основе анализа состояния проблемы показаночто оборудо­вания , применяемое для уплотнения обратных засыпок-, мело эффек­тивно при уплотнении ГЛИНИСТЫМ' грзгнтом, не обладает необходи­мым! технологическими параметрами ;фш качественного уплотнения» Экспериментально установлено, что бесшаботные трамбователи с ударным и ударно-статическим воздействием иа грунт имеют в ере™ днем 2 раза меньшую энергоемкость уплотнения, чем шаботные, ши­рокий диапазон изменения ударного импульса (5...10), что позво­ляет уплотнять грунты обратных засыпок с различных: содергсаниеи глинистых частиц до необходимой нормативной плотности.
2. Получена зависимость генерируемого ударного импульса пневмо™ трамбозателя как от параметров рабочего цикла, так и усилия на- катия на корпус, изменением которого достигается необходимый ударный, ударно-статический режим работы и обеспечиваются раци­ональные параметры процесса уплотнения.
3. **Заявлено,** что **ка** участках .пуска **спетого воздуха б** камерах при холостом **и** рабочих ходах, производная переменного **давление:** по времени является величиной постоянном. Stс позволяет **упрос­тить систет'у** уравнений динамики двивения звеньев твембователя и получить зависимости **расхода** в ударного шшульса от давления в **форме линейных** уравнений с опытными козявициептами\*
4. Доказано, что в структуре рабочего цикла пиевмотрамбователн ,цля ваз разгона ж ввбега при холостом и рабочем ходе поршня, кроме .импульсов, обеспечивающих **необходимое** ускорение .или заме­дление движения **поршня-штока,** входят **импульсы** проткводеяствую™ пще разгону или выбегу» частичное или полное устранение которых обеспечивает повышение энергии удара машины в 1,3, ..1,5 раза»
5. Показано, что повышение вибробезопасности ручных пневмати­ческих **трамбовок** и снижение виброактивноети корпуса навесных **трамбователей** достигается за счет **уменьшеніш** величин разно **на­правленных** и равновеликих импульсных пар сушарной диаграммы сів: от сватово воздуха, тяяестн и усилия наматия, действующий на корпус за вре;я: разное одному циклу. Для сохранения при этом энергии удара мамины, поломительная шпульовая пара, дей­ствующая при рабочем ходе порпня, долвна битв уменьшена за свет преобразования йормы ївшульсов (сокращения плеча пари}, а не ив. абсолютных значений,
6. Разработаны методологические основы аналитивесшго проекти­рования пневмотрз**1**;бователейэ вклвчающие структурную классиви-- кацпю па основе ввавивеских иодуяей, алвовитм проектирования воздузюраспведелителвных устройств как объектов с автоматичес­кой системой управления подачей сватово воздуха, для чего раз­работаны грайЫ“Модели рабочих процессов, модели объектов запра­влення и управлявшим устройств (автоматов), методы технического

мроемтіфоманші - реализации струмтерЕо^з^ЕщиоярльЕнг: схем ' в:нев?.юударннм механизмов не основе элементном базы ПНеВМОаЗТО- МаТШШ, ’ .

7, На основе выполненных исследований по динамике и ішнєматине рабочего процесса машин разработаны и внедрены з производство нонструкции вибробезопасных шієвмо трамбовок типа ТПЗ- 7, ИП- **4502**, въшусхшегамх серийно.

Логическим продолжением настоящем работы являются иссле­дования по динамике навесон-манипуляторов, работающих с навес­ными трамбователями, разработка автоматизированных систем уп­равления грунтотіміотняшіих установам,. пршеі:яеілмх з стесненных условиях строительной площадки на уплотнении грунтов обратных засмію и.