

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
КИЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

МОРОЗОВ Александр Дмитриевич

УДК 621.867.89.

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
И ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ
РАЗГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ
ПНЕВМОКОМПЛЕКСОВ ДЛЯ СЫПУЧИХ
АБРАЗИВНЫХ ГРУЗОВ**

05.05.04 — Дорожные и строительные машины

Диссертация на соискание ученой степени
доктора технических наук
в форме научного доклада

ЛННБ України ім. В. Стефаника



00814254 (O)

№ 27.376

Работа выполнена в Крымском институте природоохранного и курортного строительства.

Официальные оппоненты:

Академик АН Украины, доктор технических наук, профессор
В. Н. ПОТУРАЕВ.

Член-корреспондент Белорусской инженерно-технологической Академии, доктор технических наук, профессор **Н. В. КИСЛОВ.**

Доктор технических наук, профессор **И. И. НАЗАРЕНКО.**

Ведущее предприятие — С.-Петербургский завод строительных машин.

Защита, состоится, «21» мая 1993 г. в 11⁰⁰ часов на заседании специализированного ученого Совета Д 068.05.01 в Киевском ордена Трудового Красного Знамени инженерно-строительном институте по адресу: 252037, Киев-37, Воздухофлотский проспект, 31, КИСИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КИСИ.

Диссертация в форме научного доклада разослана «20» апреля 1993 г.

Ученый секретарь Специализированного Совета, кандидат технических наук, доцент **В. Н. ГАРНЕЦ.**

ЛННБ ім. В. Стефаника
АН України

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Пневматическая разгрузка и транспортирование сыпучих грузов, ввиду ряда известных преимуществ, широко используется на большинстве предприятий строительной, горно-добывающей, химической, пищевой промышленности, черной и цветной металлургии, в сельском хозяйстве.

Объем перемещаемых пневматическим способом сыпучих грузов (с учетом многократных перегрузок) составляет сейчас более 500 млн. т в год и потребность народного хозяйства в этом виде транспорта для сыпучих грузов до сих пор удовлетворяется далеко не полностью, особенно в качественном отношении из-за высокой энергоемкости и малого ресурса работы оборудования. Поэтому проблема создания нового экологически чистого, эффективного и долговечного оборудования пневмовинтовых комплексов для разгрузочных работ и транспортирования по трубам различных сыпучих грузов является весьма актуальной и имеющей огромное народно-хозяйственное значение. Однако, успешное и оперативное решение этой проблемы сдерживается недостаточным объемом теоретических и экспериментальных исследований процессов взаимодействия рабочих органов пневмовинтового оборудования с различными сыпучими грузами.

По данным одного из ведущих специалистов по пневмотранспорту д.т.н. А.Е.Смолдырева исследования по основному и вспомогательному оборудованию пневмотранспорта, проведенные в период с 1980 по 1984 год, составляли всего около 5 % от всех НИОКР, выполняемых в этой области в СССР. Основной объем исследований и ОКР выполнялся по эксплуатации пневмосистем и их технико-экономического обоснования - 35 % и по вопросам аэро- и гидромеханики - 30 %. /ж. "Промышленный транспорт", 1984, № 10.-С. 6-7/.

Е последующие годы существенных отклонений в приведенных соотношениях не наблюдалось.

Тема диссертационной работы посвящена реализации в Украине общесоюзной научно-технической программы 025 "Меха-

лизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных подъемно-транспортных и окладских работ", а также планами создания и внедрения новой техники Минстройдормаша СССР, Укрддорстрой УССР и планами внедрения НИР Минобразования Украины.

В докладе проанализированы и обобщены опубликованные в специальной литературе и отдельных изданиях результаты научно-исследовательских работ, выполненных автором в период 1969-1993 г.г.

Цель работы и задачи исследований. Основная цель работы состояла в выполнении принципов действия, научном обосновании и разработке конструктивных схем, технических рядов и рациональных параметров нового эффективного разгрузочно-транспортного пневмовинтового оборудования для сыпучих строительных грузов с учетом охраны окружающей среды. При этом решались следующие задачи:

- исследования и анализ ресурсных возможностей пневмовинтовых установок (ПВУ), существующих конструктивных схем;
- изучение взаимодействия шнека с различными грузами и определение влияния параметров процесса от условий работы: величин вращающих моментов, радиальных давлений на стенки цилиндров шнеконапорных механизмов (ШМ), осевых усилий на шнеки и подшипники приводных электродвигателей, нагрузок на детали шнекателей заборных устройств, вибро- и термонапряжений на деталях ШМ и др.
- исследования характера износа рабочих органов ПВУ различных конструктивных схем;
- разработка теоретических основ снижения удельных энергозатрат на разгрузку и транспортирование грузов и увеличения ресурса рабочих органов;
- разработка научных основ инженерных методов расчета осевых усилий, вращающих моментов, мощности привода и производительности ПВУ новых конструктивных схем;
- исследования работы аэрокамер с целью снижения энергоемкости и повышения экологической чистоты ПВУ;
- исследования по обоснованию создания нового поколения высокопроизводительных ПВУ, размещающих транспортные и техно-

логические операции;

- разработка, производственные испытания и внедрение новых и усовершенствованных ПВУ в промышленность.

Научная новизна работ. Вскрыты основные физические закономерности рабочего процесса пневмовинтового оборудования с консольным расположением шнека с целью повышения границ максимальной производительности и ресурса рабочих органов. Сформулированы основные принципы энергетически малозатратного взаимодействия регулируемого шнеконапорного механизма с грузом в зависимости от геометрии шнека и технологических эксплуатационных параметров. Установлены закономерности изменения динамических нагрузок и температуры деталей шнеконапорных механизмов ПВУ в процессе взаимодействия с различными грузами. Впервые созданы основы конструирования многокамерных ПВУ для многокомпонентных грузов, а также грузов повышенной влажности и засоренности.

Практическая значимость и реализация результатов исследований. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработан метод, сокращающий в 1,5 - 2,5 раза сроки проведения исследований, проектирования и поставки на серийное производство новых и модернизированных ПВУ. Разработаны инженерные методы расчета ПВУ с рациональными рабочими органами и узлами, применение которых позволяет сокращать сроки проектирования и создавать ПВУ повышенной надежности и эффективности. На базе проведенных нами исследований, соискателем было принято участие в разработке технических заданий, проектировании, приемочных испытаниях и поставке на серийное производство пневморазгрузчиков ТА-27А и ТА-33А, пневмоподъемников ТА-15А, ТА-19А, ТА-21А, ТА-52, ТА-53 и пневмонасосов ТА-14А, ТА-14Б.

Только в 1989 году, Ленинградский завод строительных машин (ЛЗСМ) выпустил более 3000 шт. новых ПВУ, общий экономический эффект от внедрения которых составил около 5,6 млн. руб. Всего ЛЗСМ выпустил более 14000 шт. новых машин с общим экономическим эффектом более 26,0 млн. рублей в ценах 1989 года. Данный экономический эффект согласован с руковод-

ством Управлений потребителей, НПО "ВНИИСтройдормаш" и утверждены руководителями Минотростроймаша СССР.

Для разгрузки и транспортирования весьма абразивных строительных материалов - минеральных порошков по заказу республиканского управления "Укрдорстрой" нами был выполнен комплекс необходимых исследований и разработано новое пневмоинвентное оборудование производительностью 100 - 200 т/ч трех параметрических рядов:

пневмоподъемники - ЭПВ-30М, ЭПВ-40М, ЭПВ-50М, ЭПВ-60М, ЭПВ-80М, ЭПВ-100М, ЭПВ-150, ЭПВ-200;

пневмонасосы - ЭНПВ-10М, ЭНПВ-20М, ЭНПВ-30М, ЭНПВ-50М;

пневморазгрузчики - ЭР-30, ЭР-50, ЭР-100.

Техническая документация на новое оборудование передавалась различным предприятиям Украины, но главным образом республиканскому Управлению по механизации дорожного строительства, где и изготавливались эти экспериментальные ПВУ по 3 - 5 шт. в год и проходили широкую производственную проверку на предприятиях дорожно-строительных трестов Украины. По замечаниям эксплуатационников выполнялись необходимые доработки и подготавливалась совместно с ЛЭСМ и ВНИИСтройдормашем техническая документация для серийного производства.

Проведены исследования, спроектированы, изготовлены, испытаны и переданы для эксплуатации ПВУ большой производительности и принципиально новых конструктивных схем, совмещающие транспортные и технологические операции. Это пневмоустановки: ЭПВ-150-1, ЭПВ-150-2, ЭПВ-200-1, ЭПВ-200-2.

На базе проведенных исследований спроектирована, изготовлена и испытана в производственных условиях ПВУ переналаживаемого типа, позволяющая в зависимости от необходимости работать в режиме пневмоподъемника производительностью 100 т/ч или режиме пневмонасоса производительностью 50 т/ч (ЭПВ-50/100М и ЭПВ 50/100А).

Разработаны и проектируются ПВУ принципиально новых конструктивных схем для работы с засоренными грузами повышенной влажности / 4 /, / 5 /, / 6 /, / 7 /.

Несколько новых ПВУ демонстрировались на международных

выставках "Стройиндустрия-88", "Стройэкономия-89" выставка-ярмарка "Будапешт-89", ВДНХ СССР и ВДНХ УССР. За участие в создании новых ПВУ и как автор использованных в них изобретений, соискатель награжден золотыми и серебряными медалями ВДНХ СССР и ВДНХ УССР.

С целью ознакомления специалистов производственной сферы с новыми разработками по пневмотранспорту, а также обмена научной информацией с учеными и специалистами-проектировщиками Крымским институтом природоохранного и курортного строительства совместно с республиканским обществом "Знание" в 1987 и 1988 г.г. в г. Севастополе были проведены научно-технический семинар и научно-техническая конференция, на которых соискатель был председателем оргкомитета и научным руководителем. В 1989 г. по плану АН УССР в г. Севастополе под научным руководством директора ИГТИ АН УССР, академика АН УССР Потураева В.Н. была проведена конференция "Проблемы пневмотранспорта", в работе которой принял участие и соискатель в качестве зам. председателя оргкомитета.

За разработку и внедрение в народное хозяйство новых высокоэффективных ПВУ и как соавтору использованных в них 30 изобретений соискателю в 1991 году было присвоено звание "Заслуженный изобретатель Украины".

Апробация работы. Основные научные положения и практические результаты работы проверены в промышленных условиях приемочными комиссиями и производственной деятельностью ЛЗМ и предприятиями строительной индустрии Украины. Материалы исследований были рассмотрены и одобрены: на Всесоюзной юбилейной научно-технической конференции по подъемно-транспортному оборудованию "Новое в подъемно-транспортной технике" (май 1985г., МГУ им. Баумана, г. Москва); на VI Всесоюзной школе УНЦ АН СССР "Расчет и управление надежностью больших механических систем" (сентябрь, 1986г., г. Свердловск); на совместных заседаниях научно-технического Совета и конструкторского бюро ЛЗМ (1979-1983г., г. Ленинград); на конференции по механизации и автоматизации перемещения и складирования сыпучих и жидких материалов (май 1983г., г. Ленинград); на заседании бюро секции машин и оборудования для приготовления

и транспортирования бетона НПО "НИИСтройдормаш" (апрель 1987 г., г. Москва); на семинаре и конференциях по пневмотранспорту (1987, 1988, 1989 г.г., г. Севастополь); на Возрожденной научно-технической конференции "Эксплуатационная надежность машин, работ и модулей гибких производственных систем (июль 1989 г. УФИМАШ АН СССР, г. Свердловск); на научно-технических конференциях КИПКС (1980-1992 г.г., г. Симферополь); на заседании научного семинара группы инженерных кафедр КИСИ (1981 г., г. Киев); на заседании научного семинара кафедры "Строительные и дорожные машины" ДИСИ (1992 г., г. Днепропетровск); на международной конференции по интенсификации подъемно-транспортных процессов в Болгарии (1988 г., г. Казанлык); на IV-ой международной конференции по пневмотранспорту в Венгрии (1990 г., г. Будапешт); на международных семинарах по механизации и складированию материалов (1989, 1991 г.г., г. Ленинград), а также других совещаниях, конференциях и семинарах в период с 1969 по 1992 г..

По материалам исследований опубликовано 90 работ, в том числе 5 брошюр и 2 учебных пособия. Получено 30 авторских свидетельств на изобретения.

Объем и структура работы. Диссертация в форме научного доклада изложена на 53 стр., содержит 1 табл. и 22 рисунка.

На защиту выносятся следующие основные положения:

- научные данные по обоснованию создания нового поколения высокопроизводительных ПВУ, охватывающих транспортные и технологические операции;
- теоретические закономерности процесса для расчета осевых усилий, вращающих моментов, мощности привода и производительности ПВУ новых конструктивных схем;
- закономерности, выявленные при исследовании взаимодействия рабочих органов ПВУ и новые научные данные о характере эпюр и величинах избыточного давления по длине каналов шнеков, зависимости геометрии шнеков и их ресурса, компенсации износа рабочей пары ШМ и удельной энергоёмкости процесса транспортирования, величинах и пульсации осевых усилий на шнеках и подшипниках приводных двигателей, терм- и вибростойкости деталей ШМ, облегченных конструкциях аэрокамер повышенной экологической чистоты и рационального режима их эксплуатации, соотношении производительности и кинематических факторов заборных устройств;

- научные основы методов повышения производительности и ресурса рабочих органов, снижения удельной энергоёмкости и расхода (потерь) транспортируемого пылевидного груза в окружающую среду;

- научно обоснованные новые конструкции ПВУ и технологические параметры их работы;

Объекты и методы исследований. Объектами изучения являлись пневмовинтовые подъемники, насосы и разгрузчики для цемента, минеральных порошков и др. строительных материалов.

Лабораторные исследования проводились на четырех стендах в КИПКС и двух лабораторных установках на ДЭСМ, промышленные исследования на предприятиях стройиндустрии Украины в г.г. Симферополе, Мелитополе, и Каховке. Приемочные испытания всех ПВУ проводились на стендах ЦНИП ВНИИСтройдормаша в г.Ивантеевка. Исследования ПВУ осуществлялись по методикам, разработанным ВНИИСтройдормаш, ДЭСМ, а также по методикам соискателя.

В качестве основного рабочего тензометрического оборудования использовались стандартный усилитель "Топаз-3", осциллографы Н-700 и Н041У4.2, отметчик времени типа ОВЭ-5, а также измерительный мост ИД-62.М.

Для измерения мощности использовался измерительный комплект К-50 и самопишущий киловаттметр Н348.

Регистрация давления при быстротекущих процессах осуществлялась групповым регистрирующим манометром типа ГРМ-2.

Для замера расхода воздуха применялись стандартные калиброванные диафрагмы и газовые счетчики РГ-100 и РГ-400.

Количество перекачанного груза определялось с помощью весов типа ВК-500, РЦ-2Ц13, ВПЦ-2М мерных ёмкостей или измерялось посредством тензоэлементов. Для измерения температуры броневых покрытий, вибропараметров, осевых нагрузок на шнеки и радиальных давлений на гильзы цилиндра были разработаны специальные методики и датчики. Опыты проводились в 3-х - 5-ти кратной повторности. Результаты исследований обрабатывали корреляционным, дисперсионным и регрессионным методами на 5 % и 1 % уровнях значимости с помощью ЭМ.

1. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СОЗДАНИЯ НОВОГО ПНЕВМОЦИНТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Для разработки основных концепций решения проблем повышения эффективности ПВУ существующих конструктивных схем и создания экономичного высокопроизводительного оборудования традиционных и новых конструктивных схем, ввиду значительного расхождения результатов теоретических научных исследований и недостаточном объеме экспериментальных научных данных о взаимодействии рабочих органов ПВУ с различными абразивными грузами, необходимо было получить путем прямых измерений достоверную научную информацию о работе узлов серийно выпускаемых ПВУ. С этой целью были разработаны методики, стенды и датчики для прямых измерений крутящего момента и осевых усилий на шнеках, нагрузок на подшипники приводных двигателей, давления транспортируемого груза на броневые гильзы и стенки канала шнека, температуры на поверхностях броневых наплавов и основного металла деталей, вибропараметров крепежно-приводного узла шнека, интенсивности перемещения частиц груза в различных зонах приемной камеры, напряжений и деформаций в смешительных камерах, силовых и энергетических параметров рабочих органов заборных устройств при их взаимодействии с различными грузами / 8/, / 9/, / 13/, / 14/, / 15/, / 16/, / 18/, / 19/, / 21/, / 22/, / 25/, / 26/.

Полученный впервые взаимосвязанный комплекс экспериментальных научных данных по всем типоразмерам ПВУ выпускаемым ЛЭСМ, позволил научно обосновать явления и процессы, происходящие при взаимодействии рабочих органов, узлов и агрегатов с грузом, вскрыть потенциальные резервы и разработать основные концепции методов повышения эффективности и создания современного пневмооборудования существующих и принципиально новых конструктивных схем / 2/, / 4/, / 5/, / 6/, / 7/.

В результате научного анализа было установлено, что повышение эффективности ПВУ целесообразно осуществлять в новых, ранее практически неисследованных направлениях: создания ПМ с регулируемыми вкладышами для компенсации износа рабочей пары "гильза-шнек", применения шнеков новых рациональных и

переналаживаемых геометрий со стопорно-тормозящими устройствами в зоне последнего сменного напорного участка, замены обратных клапанов энергетически малозатратными запорными устройствами, облегченных аэрокамер повышенной надежности с улучшенными аэродинамическими и экологическими характеристиками, устройств предохраняющих рабочие органы от попадания посторонних твердых и мягких включений, создания более рациональных рабочих органов заборных устройств. / 4/, / 5/, / 7/, / 15/, / 23/, / 37/.

После анализа качественных и количественных характеристик сыпучих грузов целесообразных для разгрузки и перемещения пневмовинтовыми устройствами в различных отраслях народного хозяйства и научного обоснования явлений и процессов при взаимодействии рабочих органов ПВУ с этими грузами, были разработаны основные научные принципы создания нового современного пневмовинтового оборудования рациональных конструктивных схем. Эти принципы были реализованы при создании следующих технических рядов оборудования:

- новые специализированные ПВУ производительностью 10-100 т/ч, разработанные по традиционным конструктивным схемам с консольным расположением шнека для цемента и минпорошков;
- принципиально новые ПВУ одно и многокамерного типа производительностью 150, 200, и 300 т/ч, разработанные по новым конструктивным схемам со шнеками на двухопорных валах, предназначенные в основном для разгрузочных работ на ж.д. станциях, разгрузочных площадках, в портах, а также технологических линиях крупных предприятий стройиндустрии с возможностью совмещения транспортных и технологических операций;
- универсальные переналаживаемые ПВУ с возможностью работы в режиме пневмонасоса или пневмоподъемника производительностью 50/100 и 80/120 т/ч, разработанные по традиционным и новым конструктивным схемам методами синтеза, предназначены для самых разнообразных, в том числе и засоренных нестандартных грузов повышенной влажности / 1/, / 4/, / 5/, / 6/, / 7/.

2. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ КОНСТРУКЦИИ ШНЕКОНАПОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПБУ

2.1. Закономерности износа и термодинамической стойкости деталей ШМ

Наиболее сложным и изнашиваемым узлом ПБУ является шнеконапорные механизмы (ШМ). На основании теоретических и комплексных экспериментальных исследований лабораторных и промышленных ПБУ, сформулированы основные принципы взаимодействия ШМ с различными грузами в зависимости от конструктивной схемы ПБУ, геометрии шнека и частоты вращения, конструкции броневых вкладышей, давления в смесительной камере, расположения и количества несущих опор шнека, технологии изготовления и вида броневых наплавов, различных режимов эксплуатации, а также ряда других условий / 2/, / 4/, / 5/, / 6/, / 18/, /19/, /26/, /34/, /40/, /45/, /46/, /50/.

Анализ и обобщение условий взаимодействия ШМ с грузами, позволили обосновать научные основы принципиально новых подходов к повышению ресурса ШМ не за счет толщины и качества дефицитных твердосплавных броневых покрытий, а за счет паритетической компенсации износа рабочей пары "гильза-шнек" с помощью регулируемых броневых вкладышей из простых углеродистых сталей, создания гарантированных условий максимальной сбалансированности работающего шнека и рациональных режимов эксплуатации / 2/, / 4/, / 5/, / 6/, / 7/.

Для выявления характера математической связи между нагрузкой, суммарным износом, производительностью и потребляемой мощностью был выполнен множественный корреляционно-регрессионный анализ с помощью стандартной программы "Аппроксимация" на ЭМ "Электроника ДЗ-38". При проверке адекватности уравнений регрессии использовался критерий Фишера.

В результате расчета с помощью стандартной программы на ЭМ "Электроника ДЗ-38" получены дисперсионные матрицы, корреляционные матрицы, коэффициенты многочленов, расчетные значения зависимых переменных, стандартная ошибка оценки, определенные критерии Стьюдента / 4/, / 6/, / 7/, /20/.

Статистический анализ результатов эксплуатации серийных ПБУ показывает, что их работа в условиях производства проводится практически до тех пор, пока их фактическая производи-

тельность снижается почти в два раза и более (рис.1), а удельные энергозатраты в ШМ увеличиваются на 30-70 % (рис.2). При этом суммарный зазор в максимально изношенном сечении напорной пары ШМ достигает 8 мм и более /26/.

В качестве предельно допустимого состояния ШВУ выбираем такое состояние, при котором максимальный суммарный зазор конечного сечения рабочей пары ШМ достигает величины 8 мм. Такое состояние и будет определять срок службы (наработку) ШВУ до отказа.

Так как скорость вращения шнека при установленном движении постоянна, уменьшение или более равномерное распределение износа по открытому конечному витку шнека возможно путем снижения нагрузки на него в концевой напорной части. Это может быть достигнуто изменением угла подъема концевой части витка /26/.

В этом случае максимальная нагрузка распределяется на большую площадь концевой отогнутой напорной части, то есть происходит перераспределение нагрузки на открытый виток шнека, что приводит к уменьшению износа и увеличению долговечности концевой напорной части. В соответствии с принятой гипотезой была оформлена заявка на предполагаемое изобретение и получено а.с. № 755727.

Кроме того, изменяя угол подъема концевой части витка в пределах 90° - 180° , уменьшаем или увеличиваем сечение проходного канала шнека, а следовательно можем изменять эпюры нарастания деформации и уплотнения материала в канале шнека.

Рассмотрена математическая модель влияния сил инерции в шнеконапорном механизме ШВУ, получены уравнения, описывающие зависимость износа рабочих органов ШМ от их параметров и инерционных сил, действующих на транспортируемый груз, с учетом физико-механических характеристик груза и стойкости материалов деталей пары. Решения проводились на ЭМ ЕС 1020 /2/, /7/, /19/, /45/.

Рассмотрена математическая модель перетечки воздуха из смесительной камеры в канал шнека через обратный клапан. Получены уравнения описывающие взаимосвязь объема перетечек воздуха в зависимости от гранулометрического состава транспортируемого груза. Экспериментально, для ШМ различных конструкций и сроков наработки, исследованы условия и интенсивность перете-

Рис. 1

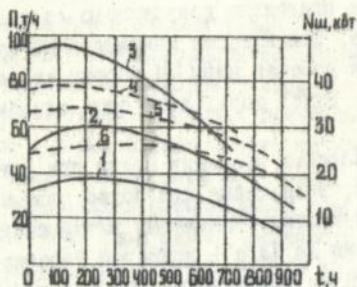


Рис. 2

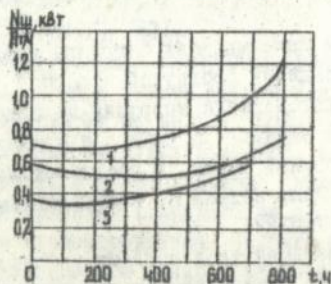


Рис. 1, 2. Зависимости фактической производительности P , мощности $N_{ш}$ потребляемой из сети электродвигателями шнаков и удельных энергозатрат $N_{ш}/P$ от времени их работы t (шнеконпорный механизм с бронзовыми гильзами, имеющими твердоплавающие "дорожки" на внутренних поверхностях; шнеки увеличенного шага; транспортируемый материал - цемент).

- 1- P от t и 5- $N_{ш}$ от t пневмонасоса ТА-14;
 2- P от t и 6- $N_{ш}$ от t пневмоподъемника ТА-19;
 3- P от t и 4- $N_{ш}$ от t пневмоподъемника ТА-15;

- 1- $N_{ш}/P$ от t пневмонасоса ТА-14;
 2- $N_{ш}/P$ от t пневмоподъемника ТА-19;
 3- $N_{ш}/P$ от t пневмоподъемника ТА-15.

чек воздуха, а также изнашиваемость деталей, образованных газобразными потоками. Для обобщения результатов износа деталей ШМ, изготовленных из различных марок сталей, широко использовались методы фотографирования под микроскопом ($\times 300$) /6/.

Кроме интенсивного абразивного и газобразного изнашивания наплавленных напорных участков шнеков, нередко происходит отслоение и выкрашивание участков броневой наплавки в результате интенсивных температурных деформаций /26/.

На основании проведенных исследований, установлено, что основной причиной отслоения броневых покрытий и образования трещин являются температурные напряжения, возникающие в поверхностных слоях наплавки и основного металла шнека /2/, /4/.

Под действием удаленного потока $H(\varphi, t)$ в нитках шнека возникает как радиальный, так и по толщине пара перепад температур (рис.3), приблизительно пропорциональный мощности трения скольжения и относительной ширине пара наплавки $(1 - \varphi)$. Уровень отсчета возмущения $V(\varphi, t)$ определяется средней объемной температурой $\theta_{ср}$ пропорциональной мгновенному значению суммарной энергии. Ход процесса зависит от вида функций $\varphi(\theta) = \varphi_{пр}$, $H(\varphi, t)$ и соотношения масштабов времени распространения тепла "выравнивания" T и длительности разгона шнека, установившегося движения, торможения t . При $\partial H / \partial t < 0$, $\varphi(\theta) = const$ перепад (и, следовательно, градиент) температуры уменьшается (рис.3). При $\partial H / \partial t > 0$ $\varphi(\theta) = const$ и даже $\partial \varphi / \partial \theta < 0$, возможна потеря "устойчивости" слоя наплавки, если рост перепада V_k за счет внешней мощности опережает выравнивание температур слоя наплавки и основного металла пара шнека.

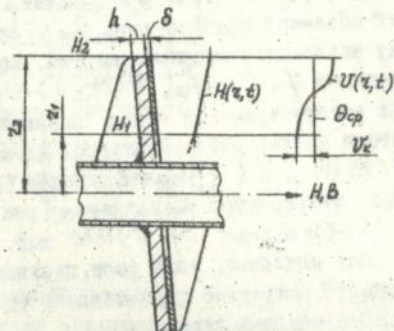
Среди пиковых режимов, в которых $\partial \varphi / \partial \theta > 0$, особый интерес представляет режим "заклинивания" шнека, при котором отношение T / t_n достигает весьма больших значений, при возрастании единичной энергии A_i , рассеиваемой в системе "шнек-материал-гильза". В режиме "заклинивания" шнека и резкого торможения шнека, интерес представляют два основных случая 1) $w = const$, $\partial H / \partial t > 0$, $w_{т.п.}$ не определено и 2) $w < 0$, $\partial H / \partial t \geq 0$, $w_{т.п.} = A_i = const$.

или когда $w = 0$, а A_i резко возрастает. w - угловая скорость

шнека. Здесь форсированному развитию процесса потери устойчивости (отслаиванию, трещинообразованию и т.д.) способствует относительное (вследствие изменения эпюры давлений) и абсолютное (имеется в виду избыток мощности на входе шнека) увеличение неравномерности температурного поля и наиболее нагруженных напорных витков шнека. Проанализированы температурные поля в витках шнека при фрикционном контакте с абразивными материалами (цементом и минеральным порошком). Поток мощности скольжения в общем случае создает неравномерное распределение температуры как по нормали к поверхности рабочей, напдавленной стороны витка, так и к его тыльной стороне, ненапдавленной. Кроме того, неравномерное распределение температуры происходит и в радиальном направлении, т.е. существует двухмерное нестационарное поле.

Получены аналитические зависимости для определения напряжений, деформаций и температуры в слоях броневых покрытий и основного металла шнека /2/, /4/.

Рис. 3
Распределение удельного теплового потока и температуры по пару шнека



Анализ, вычисленных на ЭМ ЕС напряжений, в напдавленных витках шнеков показал, что наиболее опасным с точки зрения напряженного состояния является граница раздела напдавки с основным металлом.

С целью экспериментальной проверки формул для определения температуры на поверхности напдавки и по толщине пара шнека в периоды разгона, установившегося режима транспортирования и во время "заклинивания", были проведены комплексные прямые измерения мгновенных температур в деталях ШМ на раз-

личных промышленных пневмоустановках / 4/, / 6/.

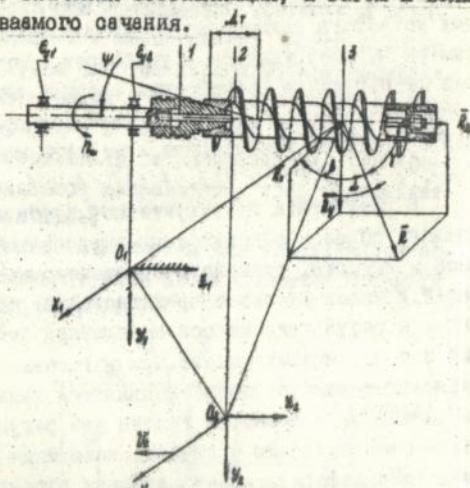
С целью создания современных высокопроизводительных ПВУ, а следовательно повышения ресурса ШМ, исключения трещинообразования, выкрашивания и отслоения броневых наплавок были научно обоснованы и разработаны рациональные параметры транспортирования абразивных сыпучих грузов, а также новые конструкции устройств равномерно запитывающих сыпучим грузом приемные камеры пневмоустановок и устройств, предохраняющих каналы шнеков от попадания посторонних твердых включений. Разработаны механизмы автоматического отключения приводного двигателя шнеков при резком возрастании крутящего момента и др. устройства / 4/, / 7/, / 8/, / II/, / I3/, / 29/, / 45/.

В результате конструктивной несбалансированности шнеков, главным образом однозаходных, недостаточного расчетного запаса жесткости, технологических неточностей изготовления деталей и узлов крепяно-приводного устройства (КПУ) шнека, а также в результате износа сопряжений, температурных деформаций и т. п., имеющих место при изготовлении и эксплуатации пневмовинтовых установок появляются явления вибрации и заедания шнеков о броневые гильзы или регулируемые вкладыши, что ведет к образованию трещин и скалыванию броневой наплавки, наклепу и деформируемости рабочих поверхностей деталей ШМ, обрыву конической части моторных втулок и т. д. Произведен анализ вибросостояния деталей КПУ в зависимости от массы и частоты вращения шнека, его диаметра и длины. Получена аналитическая и экспериментальная оценка работоспособности, повышения производительности и ресурса работы ПВУ с консольным расположением шнека и несущими подшипниками приводного электродвигателя на основе исследований вибрационных процессов, протекающих в машине при её эксплуатации.

Для оценки вибрационного состояния ПВУ вводили векторную величину относительного виброперемещения (ВВ) вдоль узла КПУ шнека (двигатель-моторная втулка- шнек). Точка приложения ВВ (R), находящаяся в процессе работы ПВУ

на оси вращения шнека, может перемещаться по оси Z (рис.4) от одного сечения к другому. Данный вектор рассматриваем в двух системах координат: X_1, Y_1, Z_1 - жестко связанный с рамой ПВУ и X_2, Y_2, Z_2 - подвижной, точка которой находится на оси шнека. На основании уравнений гармонических колебаний находим мгновенные значения составляющих, а затем и величину ВВ для рассматриваемого сечения.

Рис.4
Схема к расчету
вибрационной нагрузки
шнека



Применив дискретизацию по времени пространственной вибрации, находим значения модулей ВВ и их вероятное направление в нескольких сечениях по длине L .

При работе ПВУ ось вращения системы "моторная втулка-шнек", под влиянием возмущающих воздействий (δ_1 и δ_2 динамической неуравновешенности, нарушения центровки и ососности, неравномерности забора материала из прямой камеры, радиальных и осевых сил сжатия груза и т.п.) будет искажаться, занимая неопределенное положение. При своем вращении эта ось образует пространственную поверхность, вид и форма которой будут зависеть от конструктивного исполнения узлов двигателя, моторной втулки и шнека, качества сборки и форм колебаний. Поэтому ВВ, точка приложения которого находится на оси вращения шнека, опишет концом оложную замкнутую кривую в каждом сечении по оси Z . Поверхность, образованная сочета-

нием этих кривых вдоль оси X , будет характеризовать воз область, в которой с определенной вероятностью будет находиться ВВ для данной ПВУ, т.е. область состояний ВВ. Область состояний ВВ определяет возможные состояния ПВУ, которые оцениваются значениями выходных параметров, в данном случае вибрации, при различных режимах работы, т.е. при пуске, установившемся движении, плановой остановке, а также при самоостановке в результате заклинивания шнека.

Установлен обобщающий критерий КПУ, увязывающий его параметры вибростойкости с жесткостью, прочностью и износостойкостью /4/, /6/.

На основании полученных аналитических зависимостей определяется нормальная сила контакта для случаев задвигания шнека за внутреннюю поверхность броневых вкладышей /6/.

Установлено, что уменьшение износа деталей ЦМ и повышение эффективности работы пневмовинтового оборудования за счет снижения вибрационного возбуждения, осуществляется путем подбора более рациональной научно-обоснованной геометрии шнека; применения конструктивно более сбалансированных двухзаходных шнеков; увеличением жесткости узлов системы крепежно-приводного устройства шнека и изменением их конструкции, способствующим меньшему влиянию внешнего периодического воздействия, в частности смещением основных собственных частот машины, при которых возможно возникновение резонанса из-за совпадений с частотой вынуждающей силы из-за близости к ней; установки приводных электродвигателей на виброизоляторах и повышении инерционно-жесткостных характеристик рамы и фундамента /4/, /6/, /38/, /44/.

2.2. Исследование ресурса ПВУ при замене броневых гильз износостойкими регулируемыми вкладышами

Износ броневых гильз шнека (ресурс 500-800 ч) ведет к увеличению рабочего зазора между ними, а следовательно к снижению производительности и увеличению удельных энергозатрат. Для повышения ресурса ПВУ и обеспечения производительности близкой к расчетной в течение 900-1200 ч., были

проведены исследования и разработаны пневмоустановки, в которых бронзовые гильзы с твердосплавной наплавкой заменены износостойкими вкладышами (планками), перемещающимися в радиальном направлении к наружному диаметру шнека / 2/, / I4/, / I9/, / 26/, / 3I/.

Продольные съемные планки 8 по мере износа рабочих поверхностей и витков шнека имеют возможность перемещения в радиальном направлении для компенсации образующегося зазора. Радиальные перемещения планок 8 обеспечиваются путем введения между дном паза корпуса 5 и планкой 8 металлических прокладок 9 необходимой толщины.

С целью снижения массы и повышения технологичности изготовления узла ШМ, была разработана новая аналогичная конструкция пневмоустановки с регулируемыми вкладышами, а.с.№ 77296I.

Пневмоустановки, имеющие ШМ с регулируемыми вкладышами, изготовляемые по а.с.№ 77296I, отличаются меньшей массой (на I0+I2 %) и более технологичны в изготовлении.

Пневмоустановки (насосы, подъемники, разгрузчики) производительностью от I0 до 200 т/ч, имеющие ШМ с регулируемыми вкладышами различного конструктивного исполнения, прошли широкую экспериментальную проверку на предприятиях г.г.Киева, Симферополя, Запорожья, Житомира, Мелитополя и др.

Применение ШМ с регулируемыми вкладышами, изготовленными из сталей ХВГ, 40Х, 40ХН и др., с последующей термической обработкой, позволяет увеличить ресурс рабочих органов винтовых пневмоустановок до 900-1200 часов (рис.6), снизить удельные затраты энергии на I0-20 % (рис.7), уменьшить расход твердых сплавов на каждую винтовую пневмоустановку на 30-40 %, существенно сократить время ремонтных простоев в период эксплуатации / I/, / 4/, /I4/, /39/.

При изучении эффективности и износа нерегулируемых и регулируемых вкладышей разборных и неразборных цилиндров ШМ, выполненных по а.с.№ 688400 и а.с.№ 77296I, на основе математического планирования устанавливалась зависимость параметра оптимизации от ряда основных факторов, определяющих эффективность систем рабочих органов "цилиндр-шнек". В качестве исходного материала для определения функции поверхности

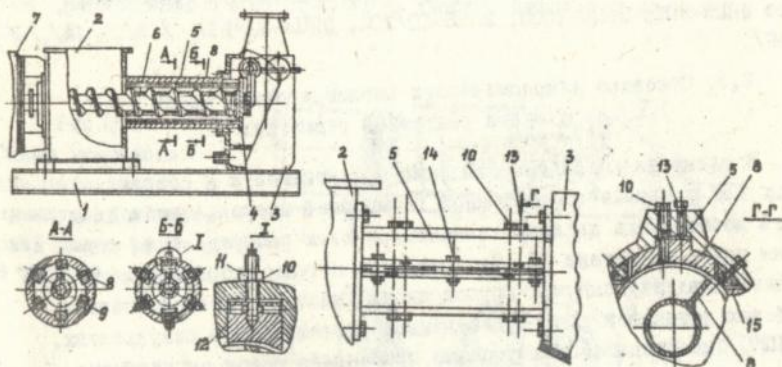


Рис. 5. Схемы шнеконапорных механизмов с регулирующими вкладышами (а.с. № 683400 и № 772961).

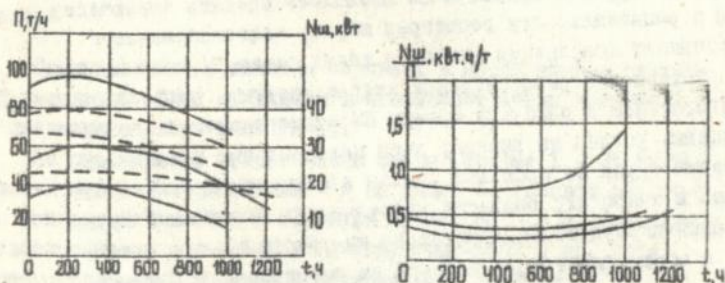


Рис. 6, 7. Зависимости фактической производительности Π , мощности $N_{ш}$ потребляемой из сети электродвигателями шнеков и удельных энергосатрат $N_{ш}/\Pi$ от времени их работы (ШМ с регулирующими вкладышами а.с. № 688400; шнеки серийные увеличенного шага; транспортируемый материал - цемент).

1- Π от t и 5- $N_{ш}$ от t ПВУ типа ТА-14А. 1- $N_{ш}/\Pi$ от ПВУ типа ТА-14А
 2- Π от t и 6- $N_{ш}$ от t ПВУ типа ТА-19А. 2- $N_{ш}/\Pi$ от ПВУ типа ТА-19А
 3- Π от t и 4- $N_{ш}$ от t ПВУ типа ТА-15А. 3- $N_{ш}/\Pi$ от ПВУ типа ТА-15А

отклика использованы результаты исследований лабораторных моделей пневмовинтовых питателей, имеющих ШМ с регулируемыми вкладышами, а также экспериментальные промышленные образцы машин типа ЭНПВ-6СМ, ЭНПВ-10СМ, ЭНПВ-10/2СМ, ЭНПВ-30/4СМ / 2/, /44/, / 46/.

2.3. Основные закономерности взаимодействия груза со шнеками различной геометрии

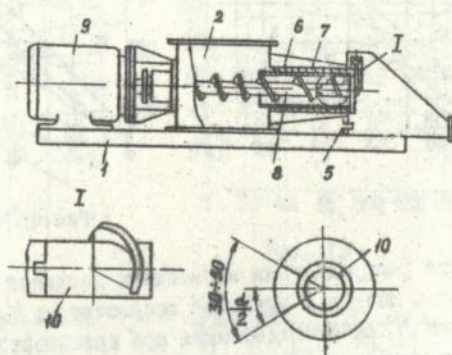
В целях дальнейшего повышения эффективности и создания новых ПВУ с научно обоснованной геометрией шнеков, необходимо иметь достоверные данные о закономерностях распределения давления груза на детали ШМ. Существующие методы теоретического расчета давления сыпучих грузов вдоль шнековых каналов пневмовинтовых установок дают существенные расхождения в результатах. В КИПКС был разработан и успешно применялся метод экспериментального определения давления движущегося груза на цилиндры (броневые гильзы, детали регулируемых планочных механизмов и т.п.), а также давления на фронтальную (P_f) и на тыльную (P_r) поверхности витков вращающихся шнеков ПВУ. Изучение и анализ эпюр распределения избыточных давлений по длине каналов различных конструкций шнеков и ШМ позволяет сделать заключения и выводы о рациональности геометрии шнека, целесообразности конструктивного исполнения шнека, а также всего ШМ, так как эти эпюры характеризуют распределение затрат энергии, подводимой электродвигателем к рабочему органу ШМ; распределение элементарных осевых усилий на витках; зоны максимальных и минимальных давлений груза на броневые гильзы и элементы шнека, а следовательно и износ их; развитие пластических деформаций груза и деформаций уплотнения по длине шнекового канала, интенсивность и объем фильтрации воздуха из смежной в приемную камеру на различных участках шнекозапорного механизма / 4/, / 7/, / 8/, /22/, /38/, /50/.

Анализ основных закономерностей взаимодействия шнеков различной геометрии с грузом, выполненный на ЭИМ, позволил создать несколько типов ПВУ с более рациональной конструкцией шнеков.

На рис.8 представлена схема ПВУ с однозеходным шнеком постоянного шага, состоящим из 2-х составных частей со стопор-

ным устройством в зоне конечного участка напорного витка /4/, /6/.

Рис.8
Схема винтового пневмопитателя с
изменной геометрией шнека (а.с.
№ 755727)



1—станина; 2—приемная камера; 3—смесительная камера; 4—обратный клапан; 5—штуцер; 6—цилиндрический корпус; 7—бронзовая гильза; 8—шнек; 9—электродвигатель; 10—сменная напорная часть шнека.

Сравнительные испытания серийных и новых шнеков различной геометрии были проведены в производственных условиях на пневмоустановках типа ТА-15.

На рис. 9 и 10 представлены графики (кривые 1 - 3) распределения избыточных давлений $P_{ф}$ по длине L_n каналов различных конструкций шнеков с наружным диаметром 0,2 м, т.е. для пневмоустановок типа ТА-15, ТА-15А, ЭПНВ-100М и др. при транспортировании цемента и минерального порошка.

Кроме того, на рис. 9 и 10 представлены зависимости удельных энергозатрат $N_{из}/П$ от производительности $П$ пневмоподъемника со шнеками, имеющими различную геометрию, кривые 4 - 6.

Анализируя кривые 1 - 3, рис. 9 и 10, можно сделать вывод, что наибольшее давление $P_{ф}$, развиваемое шнеком с увеличивающимся шагом, находится на расстоянии примерно двух шагов от конца шнека, таким образом, один-полтора конечных витков навивки не несут достаточной функциональной нагрузки для уменьшения интенсивности и объема фильтрации воздуха

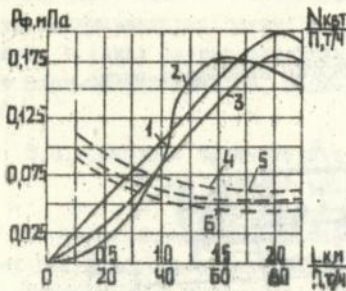


Рис. 9

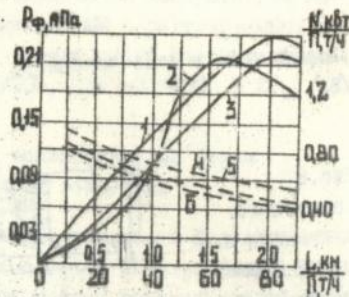


Рис. 10

Зависимости распределения избыточных давлений P_{ϕ} по длине L_k каналов шнеков и удельных энергозатрат $N_{ш}/\Pi$ от производительности Π пневмоподъемника при транспортировании цемента (рис. 9) и минипротка (рис. 10).

1- эюра P_{ϕ} по длине L_k канала шнека уменьшающегося шага от 0,13 до 0,096 м; 2- P_{ϕ} по длине L_k канала шнека увеличивающегося шага от 0,096 до 0,13 м; 3- P_{ϕ} по длине L_k канала шнека с постоянным шагом 0,12, выполненного по а.с. №755727; 4- $N_{ш}/\Pi$ от Π шнеков уменьшающегося шага; 5- $N_{ш}/\Pi$ от Π шнеков увеличивающегося шага; 6- $N_{ш}/\Pi$ от Π шнеков постоянного шага, выполненных по а.с. № 755727.

из смесительной камеры в приемную, а следовательно, и не обеспечивают стабильной работы с расчетной производительностью, хотя общие энергозатраты и интенсивность износа у них меньше. Сравнивая целесообразность различной геометрии шнеков (на основании эюр P_{ϕ} и P_T), можно сделать вывод, что при заданном среднем давлении в смесительной камере 0,12 МПа предпочтение следует отдать шнеком постоянного шага со стопорным устройством, так как у них меньше удельные энергозатраты по сравнению со шнеками уменьшающегося шага (кривые 4-6 рис. 9 и 10), проще технология изготовления и ремонтного восстановления, больше ресурс работы (рис. 11 и 12).

Так как было установлено, что один -полтора витка пара

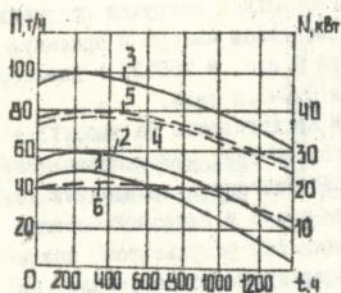


Рис. II

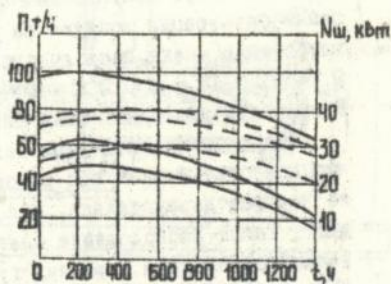


Рис. I3

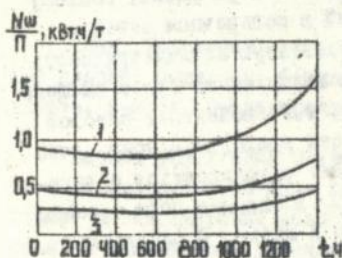


Рис. I2

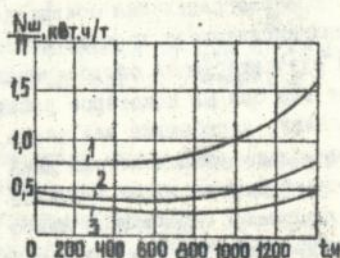


Рис. I4

Зависимости фактической производительности Π , мощности $N_{ш}$ потребляемой из сети электродвигателями шнеков и удельных энергозатрат $N_{ш}/\Pi$ от времени t работы t . Шнеконаспорный механизм с регулируемыми вкладными а.с. № 688400; шнеки выполнены по а.с. № 755727 нормальной длины - рис. II и I2, укороченные на 0,7 шага - рис. I3 и I4; транспортируемый материал - цемент.

- 1- Π от t и 5- $N_{ш}$ от t пневмонасоса типа ТА-I4A;
- 2- Π от t и 6- $N_{ш}$ от t пневмоподъемника типа ТА-I9A;
- 3- Π от t и 4- $N_{ш}$ от t пневмоподъемника типа ТА-I5A;
- 1- $N_{ш}/\Pi$ от t пневмонасоса типа ТА-I4A;
- 2- $N_{ш}/\Pi$ от t пневмоподъемника типа ТА-I9A;
- 3- $N_{ш}/\Pi$ от t пневмоподъемника типа ТА-I5A.

концевого напорного участка серийного шнека с увеличенным шагом не несут достаточной функциональной нагрузки по уменьшению фильтрации воздуха из смесительной камеры в приемную, изготовили шнеки постоянного шага (а.с. № 755727) диаметром 0,14 м, 0,15 м и 0,2 м короче на 0,5-0,8 шага.

Результаты испытаний этих шнеков представлены на рис. 13 и 14.

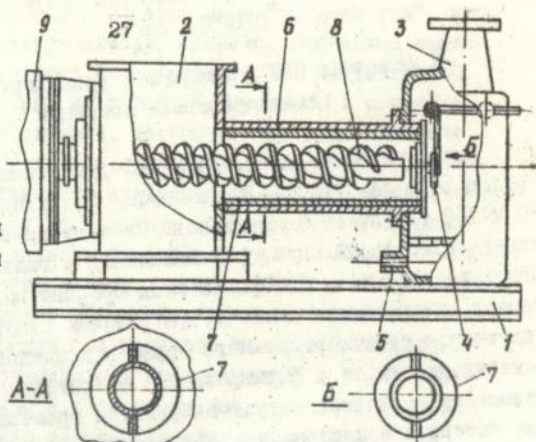
Однако, существенным недостатком этих ПВУ является то, что консольный шнек при работе располагается в броневой гильзе корпуса дзаксиально, т.е. оси шнека и гильзы не совпадают. Такое расположение шнека является результатом значительного различия давления транспортируемого материала на фронтальную, т.е. со стороны смесительной камеры, и гильзную со стороны приемной камеры, поверхности пара шнека. Поэтому эпюра распределения осевых давлений в поперечном сечении цилиндрического корпуса имеет существенную несимметричность и результирующее осевое усилие на таком шнеке будет смещено от его оси на некоторое расстояние, т.е. возникает силовой момент, изгибающий вал шнека. Все это приводит к тому, что консольно расположенный шнек начинает соприкасаться с внутренней поверхностью броневой гильзы, возникает пара трения, существенно ускоряющая износ гильзы и шнека. В результате ресурс ПВУ существенно снижается / 2/, / 4/, / 14/, / 27/, /39/.

Для устранения рассмотренных недостатков и повышения ресурса работы питателей, были разработаны и исследованы в лабораторных и производственных условиях двухзаходные шнеки постоянного шага, выполненные по а.с. № 700402, имеющие спиральные лопасти разной длины (рис.15).

Винтовые лопасти 10 шнека 8 расположены по двухзаходной спирали по всей его длине. Винтовая лопасть 10 одной из спиралей, находящаяся на конце шнека в цилиндрическом корпусе, выполнена короче лопасти другой его спирали на длину, равную 0,15 - 0,55 шага наливки.

Расположение винтовых лопастей 10 по двухзаходной спирали уменьшает удельное давление на каждую лопасть в зоне последнего их витка и позволяют повысить ресурс ШМ на 15-30 %.

Рис. 15
 Схема пневмоустановки
 с двухзаходным шнеком
 (а.с. № 700402)



1—станина; 2—приемная камера; 3—смесительная камера; 4—обратный клапан; 5—штуцер; 6—цилиндрический корпус; 7—броневая гильза; 8—шнек; 9—электродвигатель.

Весьма эффективна пневмоустановка с двухзаходным шнеком, имеющим отогнутые по дуге когерентно друг другу концевые напорные части винтовых лопастей внутрь межвиткового пространства, с уменьшением оочения последнего на 7...10 % (а.с. № I539I50). В этом случае значительное уменьшение поперечного изгиба вала ведет к существенному снижению вибрационных нагрузок на ШМ и устраняет контакт шнека с броневой гильзой, что повышает износостойкость рабочих органов и ресурс ПВУ / 4/, /37/.

Исследования двухзаходных шнеков вышеописанных конструкций позволили установить, что ресурс работы новых двухзаходных шнеков на 50...70 % выше, чем у аналогичных однозаходных шнеков, выполненных по а.с. № 755727.

Одной из самых эффективных новых разработок ШМ является наборная конструкция шнека из отдельных секций различного шага навивки пара со срезными, предохраняющими элементами между ними (а.с. № I654I74).

Унифицированные составные элементы различного шага и диаметра, дают возможность быстро собирать или перенастраивать шнеки (в том числе и гибкие) постоянного или переменного витка с рациональной геометрией для различного целевого назначения ПВУ в зависимости от вида и характеристик транспортируемого груза / 4/, / 6/, / 48/.

3. ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПНЕИМОВИНТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

3.1. Создание ПВУ совмещающих транспортные и технологические операции

Выпускаемые серийно новые ПВУ для цемента и других сыпучих грузов типа ТА-14Б, ТА-19А и ТА-15А производительностью 36, 60 и 100 т/ч имеют закрепленный на валу приводного электродвигателя консольный шнек, расположенный в гильзованном цилиндрическом корпусе. Для устранения прорыва воздуха в приемную камеру, шнек обычно имеет 4...6 рабочих напорных витков для уплотнения транспортируемого груза в предклапанной зоне, что влечет за собой формирование значительных осевых усилий, повышению удельных затрат энергии на транспортирование сыпучих материалов и повышению износа рабочих органов. Образование одностороннее осевое усилие, создает дополнительные нагрузки на шнек, соединительные детали, вал и подшипники электродвигателя - /22/, / 26/, / 28/.

Кроме того, дезаксиальное консольное расположение шнека в броневой гильзе, несимметричность зоны распределения осевых давлений в поперечном сечении цилиндрического корпуса и соответственно существенное смещение результирующего осевого усилия от оси шнека, а также неравномерный забор груза из приемной камеры - приводят к вибрации шнека и заеданию его элементов за рабочие поверхности гильзы, что ограничивает массу и габариты шнека, частоту его вращения, а следовательно и производительность ПВУ рассмотренных конструктивных схем до 100-120 т/ч /2/, / 4/, / 6/, / 7/.

При создании машин большей производительности 150...500 тонн в час, значительно возрастают диаметр и длина шнека, шаг наливки и межвитковые объемы, которые заполняются еще более неравномерно при заборе груза из приемной камеры. Увеличение геометрических параметров шнека и повышение массы его консольной части влечет за собой еще более интенсивную виб-

рацию (биения) шнека и износ рабочей пары "шнек-гильза", про-
рыв воздуха в смесительную камеру, снижение расчетной произ-
водительности и возрастание пусковых нагрузок на двигатель,
что приводит к выходу его из строя. Кроме того, в строитель-
ной индустрии, в ряде случаев, например, при приготовлении
известковых растворов, бетонных смесей и т.п. кроме транспо-
ртных операций с пылевидными и зернистыми материалами (цемен-
том, известью, песком и др.) должны осуществляться операции
дозирования в определенных пропорциях и качественного смеше-
вания для получения равномерных двухкомпонентных и трехком-
понентных смесей. С целью уменьшения времени и удельных эне-
ргозатрат на эти операции был проведен комплекс аналитичес-
ких лабораторных и промышленных исследований, а также разра-
ботаны научные принципы и созданы пневмоустановки, которые
могут совмещать процесс транспортирования материалов по
трубам с одновременным их смешиванием в транспортном по-
токе /4/, /15/, /25/, /27/, /29/, /35/.

Отличительной конструктивной особенностью пневмоуста-
новок большой производительности, а также совмещающих транс-
портирование с технологическими операциями, является установ-
ка вала шнеков на подшипниках, с разнесенными концевыми опо-
рами, а также наличие двух, трех приемных камер с дозирующими
устройствами и подача различных сыпучих материалов из них в
одну смесительную камеру, а оттуда в транспортный трубопро-
вод. Были научно обоснованы, разработаны и испытаны ПВУ для
сыпучих абразивных грузов ЭШВ-150 и ЭШВ-200-I производи-
тельностью 150 т/ч и 200 т/ч с двумя приемными камерами и
валом шнеков с разнесенными концевыми подшипниковыми узла-
ми, рис.16.

ПВУ состоит из вала I с двумя симметрично расположен-
ными съемными винтовыми поверхностями правого 2 и левого 3
направления, установленного в опорах 4 и размещенного в ци-
линдрическом корпусе 5 с гильзами 6 и 7. В центре цилиндри-
ческий корпус имеет боковой отвод 8, выполненный под углом
40...90° в сторону смесительной камеры II.

В результате проведенных сравнительных испытаний было
установлено, что конструктивные схемы подземников ЭШВ-150

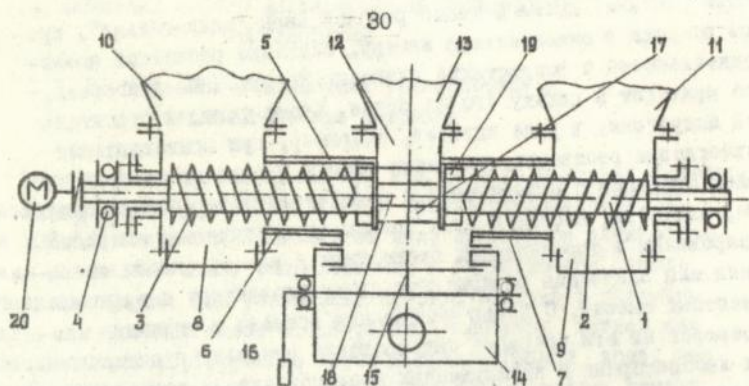


Рис. 16а. Схема ПВУ для трехкомпонентного груза (а.с. № 1733353)
 1-вал; 2-2-шнеки; 4-опоры вала; 5-корпус шнеков; 6-7-гильзы; 8-9-12-приемные камеры; 10-11-13-бункеры; 14-смесительная камера; 15-клапан; 16-противовес; 17-шнековой питатель; 18-дозировочная секция; 19-планки; 20-электродвигатель.

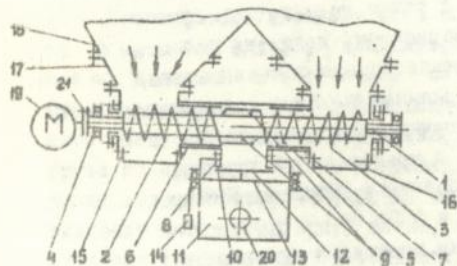


Рис. 16б

Рис. 16б. Схема ПВУ для двухкомпонентного груза (а.с. № 1456350)
 1-вал; 2-3-шнеки; 4-опора; 5-корпус; 6-7-гильзы; 8-отвод; 9-планка; 10-отвод; 11-смесительная камера; 12-клапан; 13-ось; 14-противовес; 15-16-приемные камеры; 17-патрубок; 18-бункер; 19-электродвигатель; 20-трубопровод.

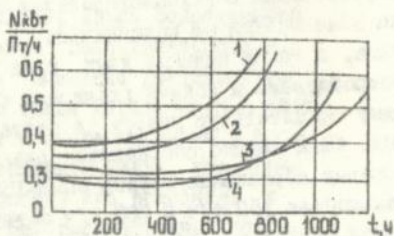


Рис. 17

Рис. 17. Зависимости удельных энергозатрат пневмоподъемников N_m/P от наработки t при транспортировании цемента.

1-пневмоподъемника ТА-15А, 2-пневмоподъемника ТА-19А, 3-пневмоподъемника ЭПВ-200-1, 4-пневмоподъемника ЭПВ-150.

и ЭПШВ-200-1 являются экономически целесообразными (см. рис. 17) и обеспечивают производительность близкую к расчетной соответственно 153 и 205 т/ч.

На всех режимах работы с различными марками цемента наблюдалось снижение удельных энергозатрат $N_u/7$ по сравнению с подъемниками ТА-15А и ТА-19А до 30 %, повышения ресурса ШМ в 1,8 - 2,2 раза, электродвигателя в 1,5 ... 3 раза, броневых гильз на 50...70 % / 4/, / 6/, / 43/.

По рассмотренной конструктивной схеме были разработаны и исследованы ПВУ для транспортирования и приготовления трехкомпонентных сухих смесей, выполненные по а.с. № 1689251.

3.2. Повышение производительности бесклапанных ПВУ

ПВУ бесклапанных конструкций, работающие обычно при давлении в смесительной камере до 0,11 МПа применяются главным образом для транспортирования муки, сахара и других аналогичных грузов на небольшие расстояния с производительностью не более 30 т/ч.

С целью расширения диапазона транспортируемых грузов, увеличения дальности транспортирования, производительности и снижения удельных энергозатрат было научно обосновано и разработано несколько новых винтовых пневмоустановок бесклапанного типа / 2/, / 4/, / 6/, / 37/, / 59/, / 63/.

В ПВУ (рис. 18), механизм для предотвращения прорыва сжатого воздуха в приемную камеру установлен в броневой гильзе и выполнен в виде втулки, внутренняя поверхность которой имеет конфузорный, стабилизирующий прямолинейный и диффузорный участки, а привод шнека закреплен на раме с возможностью его продольного перемещения.

По мере продвижения к камере 3 материал в зоне кольца 9 уплотняется, образуя пылевую пробку и тем самым препятствуя прорыву воздуха из камеры 3 в шнековый канал. В зоне обратного конического участка происходит разуплотнение пылевой пробки, т.е. подготовка материала к дальнейшему транспортированию, путем его интенсивного разрыхления и аэрирования сжатым воздухом, поступающим из аэрационного устройства через штуцер 10.

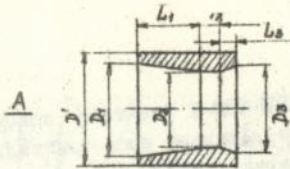
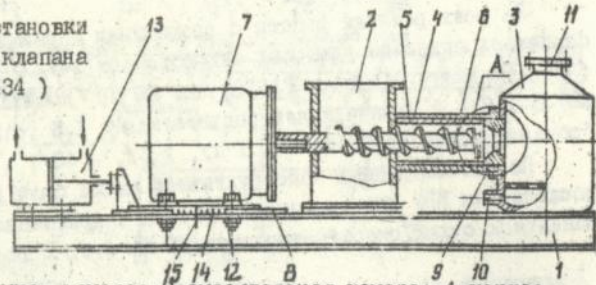


Рис. 18

Схема пневмоустановки
без обратного клапана
(а.с.№ 759434)



1—рама; 2—приемная камера; 3—смесительная камера; 4—конус;
5—броневая гильза; 6—шнек; 7—электродвигатель; 8—направляющая;
9—кольцо; 10—штуцер; 11—выгрузной патрубок; 12—болты; 13—пнев-
моцилиндр; 14—матричная линейка; 15—контрольная прока.

В зависимости от свойств материала и рабочего давления в камере 3, при ослаблении болтов 12, регулируют плотность и длину пылевой пробки в зоне кольца 9 за счет совместного осевого перемещения шнека 6 и электродвигателя.

Восьма эффективно устройство, заменяющее обратный клапан в ПВУ для строительных материалов, рис.19. В этой ПВУ выходной конец 7 вала шнека имеет увеличивающийся диаметр. В цилиндрическом корпусе 4 имеется сменная гильза 8, в которой выполнена винтовая канавка 9. Винтовая канавка имеет прямоугольное сечение, а шаг её равен шагу шнека. По мере перемещения сыпучего материала в гильзе 8 цилиндрического корпуса 4 в области конца 7 вала формируется уплотненная пылевая пробка.

Наличие винтовой канавки 9 в гильзе 8 цилиндрического корпуса 4 позволяет создать из уплотненного материала подвижный замок, перекрывающий наиболее её верную зону прорыва слатого воздуха между шнеком 5 и цилиндрическим корпусом 4.

Отсутствие методик расчета ПВУ бесклапанного типа с новыми конструктивными решениями, выявило необходимость провести комплекс аналитических исследований с целью установления расчетных зависимостей для мощности, производительности,

крутящего момента, осевого усилия на шнеке и др. В результате установлено, что мощность на валу шнека и производительность ПВУ, защищенной а.с. № 893756 можно определять по формуле:

$$N_{ш} = 430 \cdot P_c [tg \psi (2L_{п.з.} - t) + \frac{a^2}{K_U} (K_U - 1) + 2R]^2 \cdot \omega \cdot K_a \cdot K_{з.ж.}, \text{ Вт.} \quad (3.1)$$

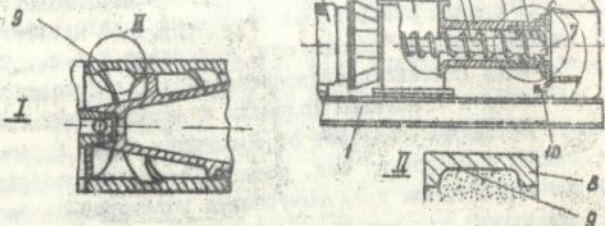
$$\Pi = 262 \left[3A_{ш}^2 - \frac{A_1^3 - A_2^3}{at \cdot tg \psi} \right] \cdot t \cdot \rho \cdot n \cdot K_{ск} \cdot K_{з.з.} \quad (3.2)$$

где: $A_{ш}$ — наружный диаметр шнека, м; A_1 — диаметр вала в конечном сечении, м; A_2 — диаметр вала в начале последнего шага шнека, м; t — шаг шнека, м; ρ — объемный вес материала, кг/м³; n — частота вращения шнека, мин⁻¹; $K_{ск}$ — коэффициент скольжения; $K_{з.з.}$ — коэффициент эффективности подвижного запятого; K_U — коэффициент уплотнения материала; K_a — коэффициент, учитывающий соотношения между заборными и напорными битками шнека; $K_{з.ж.}$ — коэффициент жесткости привода шнека; P_c — противодавление в аэрокамере, Па; ψ — угол конуса вала, град.

Кроме того, при производительности ПВУ более 100 т/ч, весьма эффективны конструктивные схемы пневмоустановок без

Рис. 19

Схема ПВУ бесклапанного типа (а.с. №893756)



1—рама; 2—приемная камера; 3—смесительная камера; 4—цилиндр; 5—шнек; 6—электродвигатель; 7—напорная коническая часть шнека; 8—гильза; 9—канавка; 10—штуцер.

обратных клапанов, защищенные а.с. № 1079564 и № 1537630.

В процессе лабораторных и промышленных испытаний рассмотренных ПВУ установлено, что при вертикальном пневмотранспортировании различных сыпучих грузов на высоту до 35 м, при давлении в смесительной камере до 0,13 МПа, целесообразно применять пневмоподъемники бесклапанных конструкций разработанных по а.с. № 759434, № 893756, № 1079564 и № 1537630. Установлено, что производительность новых ПВУ повышается в 1,5 - 1,7 раза по сравнению с пневмопитателями типа ПШМ, энергозатраты на транспортирование в таких ПВУ сокращаются на 20 - 25 %, а ресурс ПШМ увеличивается на 40 - 60 % / 4/, / 6/, / 17/, / 38/.

Проведен комплекс исследований, сделано научное обоснование и разработана ПВУ бесклапанного типа с наборной бронзовой гильзой из колец с различным коэффициентом трения (а.с. № 1548142), позволяющая снизить энергоёмкость процесса транспортирования на 10 - 22 %.

Смесительные камеры пневмоподъемников бесклапанных конструкций можно выполнять круглого сечения, что улучшает их аэродинамические характеристики и снижает массу на 20 - 25 % ввиду уменьшения габаритных размеров и отсутствия узда обратного клапана с противовесом. Кроме того, сокращается трудоёмкость изготовления пневмоподъемников на 10 - 18 %, а время ремонтных простоев на 8 - 15 %.

Довольно часто при транспортировании некоторых сыпучих грузов, как например минпорошка, цемента и др. происходит заклинивание канала шнека из-за попадания в него крупных включений: камней, комков "слипшегося" материала и т.п., что приводит к резкому падению производительности, вынужденным простоям, а иногда и серьезным поломкам и выводу машины из строя. Для защиты ПШМ пневмоустановок от попадания в них крупных твердых включений и инородных тел, экономически целесообразно при разработке новых машин предусматривать установку необходимых предохранительных или измельчающих устройств.

На основании проведенных исследований, разработаны научные принципы и комплексы устройств (а.с. № 1629217, № 1661114, № 1668258 и др.) для повышения производительности и защиты ПВУ от посторонних твердых и мягких включений / 4/, / 6/, / 7/.

4. ИССЛЕДОВАНИЯ СМЕСИТЕЛЬНЫХ КАМЕР ПНЕВМОУСТАНОВОК И ИХ УЗЛОВ

4.1. Основные принципы создания облегченных смесительных камер

К основным недостаткам существующих конструкций смесительных камер ПВУ следует отнести значительную массу, недостаточную прочность сварных соединений и заниженные аэродинамические характеристики, не обеспечивающие максимальные расчетные взрывные концентрации материаловоздушных смесей, что ведет к повышенным энергозатратам на транспортирование материала.

С целью снижения металлоемкости ПВУ, а также удельных материальных энергетических и трудовых затрат на изготовления, были проведены исследования по поиску более рациональных конструкций камер с меньшими напряжениями в элементах (деталях) при принятом внутреннем эксплуатационном давлении $P = 0,12$ МПа /4/, /20/, /23/.

Разработанные, на новых научных принципах, конструкции смесительных камер подъемников типа ТА-15; ТА-19 и А-21 с регулируемой и нерегулируемой жесткостью были испытаны при многократном нагружении внутренним давлением $P = 1,2$ МПа, превышающим эксплуатационное давление в 10 раз. За счет применения более тонкого листа масса камеры снижается на 45...50%, расход сварочных электродов на 20...25 %, экономия электроэнергии на сварочные работы на 10...15 %; кроме того улучшаются все аэродинамические характеристики, повышается надежность и облегчается обслуживание.

С целью снижения энергоемкости, т.е. удельных энергозатрат при транспортировании материала пневмоподъемниками и разгрузчиками, были проведены исследования по аэрированию и эвакуации материала из смесительной камеры, возможно меньшими объемами воздуха. На основании проведенных аналитических и экспериментальных исследований была разработана пневмоустановка для вертикального транспортирования материала с более "экономичной" смесительной камерой, снижающей удельные энергозатраты на транспортирование на 10...20 %.

Разработанная смесительная камера прошла лабораторные и промышленные испытания, была защищена а.с. № II52903, рекомендована к серийному производству и применяется в пневмовинтовых подъемниках типа ТА-15А и ТА-19А.

4.2. Повышения эффективности работы обратных клапанов пневмоустановок

С целью повышения эффективности пневмотранспортных технологических линий за счет уменьшения удельных затрат энергии на транспортирование, уменьшения потерь материала, запыленности воздуха и сокращения времени ремонтных простоев, были разработаны и исследовались ПВУ производительностью 36, 60 и 100т/ч, имеющие обратный клапан подвешенный на железобетонных и меднографитных ступках, помещенных внутри смесительной камеры.

Поставленная цель достигалась тем, что самосмазывающиеся подшипниковые опоры оси были размещены между рычагами обратного клапана и противовеса и закреплены на кронштейне объемной крышки, закрывающей смесительную камеру, при этом между опорами образована полость, соединенная с источником подачи воздуха под давлением превышающем давление в смесительной камере в 1,25 - 2 раза /2/, /4/.

Ввиду того, что расход воздуха через кольцевые зазоры весьма незначителен, то подаваемый воздух практически не нарушает установившийся стабильный аэродинамический режим в смесительной камере.

Разработанная конструкция подвески клапана позволяет при необходимости производить ремонт ПВУ весьма оперативно путем замены всего узла обратного клапана через верхнее окно смесительной камеры.

Разработаны и исследованы новые конструкции обратных клапанов возвратно-поступательного действия с регулируемым пружинным компенсатором. В этом случае запорный диск обратного клапана можно устанавливать на предварительно пропитанных смазками медно-графитных и железо-графитных подшипниках скольжения (ступках), непосредственно на вращающемся валу шнека /4/, /6/, /20/.

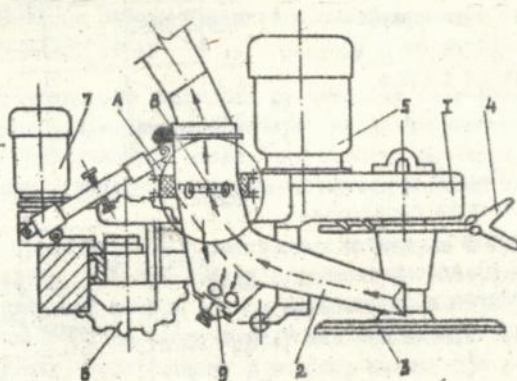
5. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЧИСТОТЫ ПНЕЙМОРАЗГРУЗЧИКОВ

5.1. Исследования работы заборных устройств

Первоначально была проведена комплексная оценка различных конструкций заборных устройств пневмотранспортных установок по их надежности, работоспособности, удобству работы в железнодорожных вагонах и тримах барж, обеспечению необходимых санитарно-гигиенических условий труда, энергоемкости рабочего процесса и других показателей, что позволило выявить наиболее перспективные решения /5/, /12/, /24/.

При исследовании моделей дискового питателя заборного устройства (рис.20), параметром оптимизации являлась производительность дискового питателя при варьировании частоты n_d вращения дисков, высоты h_d слоя цемента на диске и коэффициента ξ_d перфорации дисков. На первом этапе в результате проведения опытов с пятью комплектами дисков, имеющими $\xi_d = 0,18 + 0,4$, было установлено рациональное значение $\xi_d = 0,34$.

Рис.20
Схема заборного устройства пневмо-разгрузчиков типа ТА-27 и ТА-33



1—корпус; 2—всасывающее сопло; 3—перфорированный диск питателя; 4—рушитель; 5—электродвигатель привода дисков питателя; 6—ходовое колесо; 7—привод механизма передвижения заборного устройства; 8—узел измельчения мягких включений; 9—окно для удаления крупных твердых включений.

На втором этапе исследований, проведенных при рациональной величине перфорации дисков, определяли частоту вращения дисков n_d и высоту слоя h_d , обеспечивающие оптимальную производительность питателя. Полученные зависимости показывают, что для модели $K_e = 3,5$ при h_d , составляющей 0,03, 0,04, 0,05 и 0,06 м, оптимальная производительность получена при $n_d = 57$ об/мин (рис. 21) и $h_d = 0,05$ м (рис. 22). При увеличении высоты слоя h_d до 0,06 м и выше, производительность системы дисковый питатель - заборное сопло снижалась из-за сопротивления забору, вызванного значительным превышением h_d над величиной h_c (рис. 21), определяющей положение верхней кромки заборной щели сопла.

Разработана методика исследования заборных устройств пневмоагрегаторов на физически подобных моделях /5/, /12/, /29/, /34/.

Рис. 21

Зависимость производительности P_d модели ($K_e = 3,5$) заборного устройства от n частоты вращения дисков

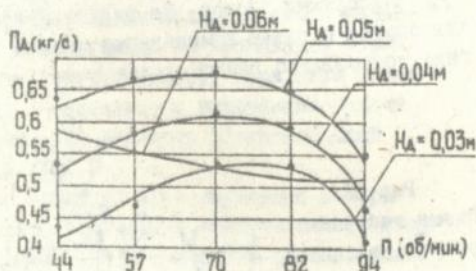
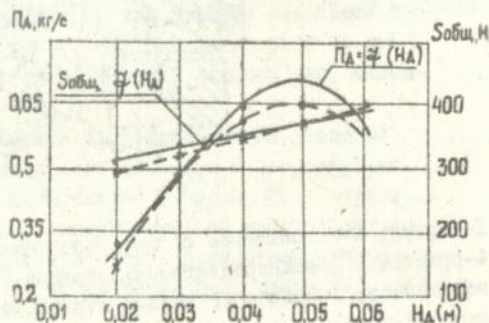


Рис. 22.

Зависимость производительности P_d модели ($K_e = 3,5$) заборного устройства и усилия $S_{обц}$ от высоты слоя цемента H_d



1 и 2 - расчетные кривые; 3 и 4 - экспериментальные зависимости.

Основные результаты данных исследований были применены при разработке новых пневморазгрузчиков цемента ТА-26, ТА-27, ТА-27А, ТА-33, ТА-33А, ТА-37, ЭМ-100.

Серийно выпускаемые пневмовинтовые разгрузчики цемента не имеют устройств для защиты механизмов (особенно шнековывгрузного) от попадания крупных камней, размольных шаров и пр., приводящих к заклиниванию движущихся деталей и поломки. Не имеют они также устройств измельчающих мягкие включения — комки осыпавшегося транспортируемого материала, куски бумаги для закрытия щелей в стенках вагонов и др., что в свою очередь приводит к засорению всасывающего сопла и камеры фильтров.

С целью предохранения механизмов пневморазгрузчиков от попадания с транспортируемым грузом твердых посторонних включений, был произведен научный поиск и разработано несколько конструкций защитных устройств /5/, /6/, /41/, /33/.

Применение разработанных устройств повышает производительность разгрузчиков на 12 — 18 % и предохраняет шнековывгрузные механизмы от поломок.

5.2. Интенсификация работы приемной и смесительных камер

Повышения эффективности пневморазгрузчиков за счет уменьшения сводообразования в приемной камере шнековывгрузного механизма над заборным участком шнека, было исследовано при некоторых конструктивных изменениях приемной камеры и шнека /5/, /6/, /27/.

Исследования производились с различными цементами и минпорошками. Установлено, что при работе разгрузчика, поступление материала из приемной камеры в шнек осуществляется преимущественно в зоне первого напорного витка, где наименьшее сопротивление материалу, поступающему в полость шнека. При этом материал как бы непрерывно стекает вдоль прилегающей стенки приемной камеры; на последующем ей участка — материал над шнеком менее подвижен и здесь он наиболее быстро уплотняется, что часто способствует сводообразованию. Сводообразованию способствует также и часть цилиндра шнеконапорного механизма, входящая в приемную камеру. Эта "застойная зона" увеличивает со-

рогивления и препятствует свободному истечению материала в полость шнека. В результате, в приемных камерах установок типа ТА-33А, имеющих в составе в качестве шнековывгрузного механизма пневмовинтовой подъемник ТА-15А, слева и справа быстро образуются "застойные зоны", способствующие сводообразованию и снижению производительности / 5/, / 6/.

Установлено, что для уменьшения сводообразования необходимо конусную часть цилиндра шнеконапорного механизма вынести из внутреннего пространства приемной камеры и увеличить длину заборного участка шнека с 2-х до 2,5 - 3-х шагов навивки.

Кроме вышерассмотренных, были проведены исследования по защите заборного устройства и ПМ от посторонних твердых и мягких включений, стабилизации и синхронизации работы осадительной и смежитальной камер и др./5/, /6/, /13/, /24/, /34/, /35/.

Создание облегченных переналаживаемых аэрокамер с улучшенными аэродинамическими и экологическими характеристиками, позволяет выбрать при эксплуатации пневморазгрузчиков наиболее оптимальные режимы работы в зависимости от конкретных условий прокладки трасс нагнетательных участков транспортных трубопроводов, их приведенной длины и вида транспортируемых грузов / 4/, / 5/, / 6/.

Научно обоснованный комплекс технических решений по повышению эффективности и экологической чистоты пневмовинтовых разгрузчиков для строительных материалов, позволил снизить удельные энергозатраты на разгрузку и транспортирование на 30 - 35 %, повысить ресурс рабочих органов на 50-90 %, уменьшить время на ремонтные простои на 40 - 80%, снизить потери на распыл материала в окружающую среду на 40 - 50 %.

Широкое применение приведения математических моделей расчета пневморазгрузчиков и других ПВУ к замкнутому виду, удобному для оптимизации расчета и увеличения количества вариантов (сочетаний) рациональных решений задач, а также комплекс переналаживаемых физических лабораторных моделей ПВУ, выполненных в масштабе от 1,5 до 5,0 позволили существенно (в 1,5-2,5 раза) уменьшить сроки постановки машин на серийное производство, снизить стоимость проектно-исследовательских работ на 50 - 80 % и повысить надежность создаваемого оборудования /4/, /5/, /6/, /8/, /12/, /29/, /34/, /40/.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Полученный нами комплекс теоретических и экспериментальных данных и аналитических зависимостей о работе деталей и узлов ПВУ и их взаимодействии с различными сыпучими грузами, позволили вскрыть и научно обосновать явления и процессы, происходящие при работе пневмовинтового оборудования и использовать их для повышения эффективности и создания конкурентно-способных ПВУ традиционных и принципиально новых конструктивных схем. Получены новые научные данные по: закономерностям и распределению избыточных давлений по длине каналов шнеков и удельных энергозатрат; взаимозависимостям производительности, ресурса и мощности, затрачиваемой на транспортирование; рациональным соотношениям длины пылевой пробки и энергоёмкости машины; формированию осевых нагрузок на подшипники шнека и режиму транспортирования; влиянию геометрии шнека на ресурс и энергоёмкость ПВУ; термо и вибростойкости шнеков; конструкции, работе аэрокамер и их экологичности; соотношению климатических факторов и удельных энергозатрат заборных устройств и др., которые сегодня широко используются проектировщиками и специалистами по эксплуатации ПВУ в различных отраслях народного хозяйства.

2. Разработаны научные положения по созданию многокамерных ПВУ принципиально новых компоновочных схем с двухопорным сбалансированным валом шнеков и прогрессивной перемалываемой аэрокамерой повышенных экологических характеристик. Такие схемы ПВУ целесообразно применять при разработке машин большой производительности 150 - 500 т/ч, а также для совмещения транспортных операций с технологическими. Созданные промышленные образцы новых ПВУ производительностью 150 и 200 т/ч показали высокую эффективность и надежность при работе с различными грузами. Это пневмоустановки ЭПВ-150-1, ЭПВ-150-2, ЭПВ-200-1 и ЭПВ-200-2. Техническая документация, данные исследований и испытаний переданы предприятиям стройиндустрии Украины. Отмечено стабильное снижение удельных энергозатрат на 25...30 %, повышение ресурса работы деталей ШМ в 1,8 - 2,2 раза, а электродвигателей в 1,5 - 3 раза. Источ. оборудования

не имеет зарубежных аналогов.

3. Проведены исследования и сделано научное обоснование методов повышения эффективности и создания нового пневмовинтового оборудования традиционных конструктивных схем (с консольным расположением шнека).

Разработаны технические задания, выполнено проектирование, приемочные испытания и поставлено на серийное производство, с участием соискателя, новое и модернизированное оборудование: пневморазгрузчики ТА-27А и ТА-33А; пневмоподъемники ТА-15А, ТА-19А, ТА-21А, ТА-52, ТА-53 и пневмонасосы ТА-14А и ТА-14Б. Всего ТЭМ выпустил более 14000 шт. новых машин, являющихся сегодня основным базовым разгрузочно-транспортным пневматическим оборудованием предприятий стройиндустрии.

4. Для разгрузки и транспортирования грузов повышенной абразивности и засоренности (минпорошков) нами было сделано научное обоснование, разработаны и проведены промышленные испытания на предприятиях Украины пневмооборудования трех параметрических рядов: пневмоподъемники ЭПВ-3СМ, ЭПВ-4СМ, ЭПВ-5СМ, ЭПВ-6СМ, ЭПВ-8СМ, ЭПВ-10СМ, ЭПВ-15С и ЭПВ-200 производительностью 30 - 200 т/ч; пневмонасосы ЭПВ-1СМ, ЭПВ-2СМ, ЭПВ-3СМ, ЭПВ-4СМ и ЭПВ-5СМ производительностью 10 - 50 т/ч; пневморазгрузчики ЭР-30, ЭР-50 и ЭР-100.

Все эти машины выпускались и выпускаются небольшими партиями, прошли и проходят широкую экспериментальную проверку на предприятиях индустрии по строительству дорог на Украине в г.г. Киеве, Запорожье, Симферополе, Мелитополе и др.

5. Выполнено научное обоснование по созданию новых универсальных ПВУ переналаживаемого типа для разгрузки и транспортирования любых сыпучих аэрируемых грузов. Спроектирована, изготовлена и испытана ПВУ переналаживаемого типа - ЭПВУ-50/100, позволяющая в зависимости от вида груза и производственной необходимости работать в режиме пневмоподъемника производительностью 100 т/ч или режиме пневмонасоса производительностью 50 т/ч. Пневмоустановка ЭПВУ-50/100 имеет в приемной камере механизм для предотвращения сводообразования груза и измельчения слежавшихся комков поступающих в заборную часть ШМ, на-

борный шнек перенастраиваемой геометрии и облегченную перенастраиваемую аэрокамеру с улучшенными аэродинамическими и экологическими характеристиками.

6. Теоретически и экспериментально было доказано, что повышение эффективности ПВУ, работающих при низких давлениях в аэрокамере (0,11 - 0,13 МПа), целесообразно производить за счет применения ШМ с регулируемыми вкладышами из углеродистых или низколегированных сталей. При этом ресурс ШМ увеличивается в 1,8 - 2,0 раза, расчетная производительность может быть обеспечена в течение 900 - 1200 ч., против 300 - 600 ч. для ПВУ с твердосплавными броневыми гильзами. Кроме того, замена твердосплавных броневых покрытий в гильзах - регулируемыми вкладышами, компенсирующими износ рабочей пары ШМ, позволяет сократить расход дефицитных твердых сплавов на 52 - 55 % на каждую машину и выполнить весь узел ШМ более технологичным для ремонта в условиях небольших мастерских предприятий стройиндустрии, что позволяет существенно сократить ремонтные простои оборудования.

7. Научно обоснована и практически доказана целесообразность применения шнеков новых рациональных геометрий: постоянного шага со стопорно-тормозящим устройством в зоне последнего напорного участка, наборных с предохранительными срезами элементами и двухзаходных шнеков повышенной вибростойкости, повышающими эффективность и ресурс ПВУ на 40 - 80 %.

8. Впервые выполнен комплекс научных исследований по вибро- и термостойкости деталей ШМ с броневой наплавкой, позволяющих установить причины трещинообразования, выкрашивания и отслоения брони, а также научно обосновать методы повышения ресурса этих деталей. Установлено, что ПВУ с консольным расположением шнека и несущими подшипниками приводного электродвигателя, целесообразно эксплуатировать с частотой вращения шнека до 1000 об/мин. при его массе не более 60 кг и диаметре 0,25 м и частотой вращения до 1600 об/мин при массе шнека до 40 кг и диаметре 0,15 м, что накладывает ограничительные возможности на повышение производительности и ресурса.

С целью уменьшения ударных и температурных воздействий

на детали ШМ с броневой наплавкой, выполнено научное обоснование условий максимальной обалансированности приводного узла шнека при его взаимодействии с транспортируемым грузом и рациональных режимов эксплуатации ПБУ. Созданы новые механизмы и устройства: равномерно запитывающие сыпучим грузом приемные камеры пневмоустановок; предохраняющие каналы шнеков от попадания посторонних твердых, крупных включений; обеспечивающие рациональную длину пылевой пробки; отключающие двигатель привода шнеков при возрастании крутящего момента выше расчетного.

9. По результатам научных обобщений теоретических и экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния различных конструкций аэрокамер и их работы, созданы новые облегченные (на 45 - 50 %) конструкции повышенной надежности с улучшенными аэродинамическими и экологическими характеристиками, а также аэрокамеры переналаживаемого типа с регулируемой жесткостью.

10. Разработаны научные основы и получены уточненные теоретические зависимости инженерных расчетов ПБУ новых конструктивных схем с целью определения: производительности, мощности привода, осевых усилий на шнеках, вращающих моментов, объема фильтрации воздуха из аэрокамер через шнек, напряжений и деформации аэрокамер, температуры основного металла и броневых покрытий деталей ШМ при различных режимах эксплуатации.

11. Определены направления дальнейших исследований по повышению эффективности, надежности, экологической безопасности ПБУ и созданию автоматизированных разгрузочно-транспортных пневмокомплексов.

Общая эффективность внедренных научно-технических разработок по разгрузочно-транспортному пневмооборудованию превысила 26,0 млн. руб.

Некоторые результаты внедрения в промышленность основных научно-технических разработок за период с 1986 по 1991 год приведены в табл. I

Табл. I

№	Наименования оборудования	Выпущено ПБУ шт.	Эк. эффект от внедрения одной машины, руб.	Общий на-званный эк. эффект, тыс. руб.	Доля экон. эффекта КИПС, тыс. руб.
1.	Пневмовинтовой подъемник ТА-15А	4759	1509	7181,3	2154,3
2.	Пневмовинтовой подъемник ТА-19А	1723	952	1640,2	492,0
3.	Пневмовинтовой подъемник ТА-21А	131	367	48,0	14,4
4.	Разгрузчик цемента ТА-33А	2457	3693,92	9075,9	2722,7
5.	Разгрузчик цемента ТА-27А	2601	1703	4429,5	1328,8
6.	Насос пневматический винтовой ТА-14А	137	920	126,0	37,8
7.	Насос пневматический винтовой ТА-14Б	2530	1523,6	3854,7	1156,4
И Т О Г О :		14297		26354,6	7906,3

На предприятиях трестов республиканского объединения "Укрдоротрой", в городах Киева, Запорожье, Мелитополе, Каховка, Симферополе и др. внедрены по 4-15 шт. ПБУ для разгрузки и транспортирования минеральных порошков типа ЭНПВ-10/20М; ЭНПВ-10М; ЭНПВ-50М; ЭНПВ-30/60М; ЭНПВ-80М; ЭНПВ-100М; ЭР-30; ЭНПВ-150; ЭНПВ-200-1 и др. с общим годовым экономическим эффектом более 200,0 тыс. рублей.

Документы по эффективности, внедрению и использованию разработок автора представлены в личном деле соискателя.

Под научным руководством соискателя в 1990 г. была выполнена диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук инж. Лисаком А. П. на тему: "Повышение эффективности винтовых пневмоподъемников для транспортирования сыпучих материалов".

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОБЪЕДЕННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ

Отдельные издания

1. Морозов А.Д. Опыт создания и внедрения нового разгрузочно-транспортного пневмооборудования для сыпучих грузов. - Киев: РДЭНТИ. - 1987. - 15с.
2. Морозов А.Д. Повышение эффективности пневмотранспорта в строительной индустрии /Сборник докладов республиканской научно-технической конференции "Проблемы пневмотранспорта"/. - Севастополь: Издание ИТМ АН УССР. - 1990. - 60 с.
3. Морозов А. Д. Разработка новых пневмовинтовых установок для сыпучих грузов. - Киев: РДЭНТИ. - 1990. - 16 с.
4. Морозов А.Д. Интенсификация работы разгрузочно-транспортного пневмовинтового оборудования. - М.: ЦНИИЭстроймаш. - 1990. - 100 с.
5. Морозов А.Д. Повышение экологической чистоты и эффективности пневморазгрузчиков для строительных материалов. - Киев: Минвуз и об-во "Знание" УССР. - 1990. - 19 с.
6. Морозов А.Д. Модернизация и повышение экологической чистоты пневмотранспорта. Учебное пособие для вузов. - Киев: УМК ВО Украины. - 1992. - 71 с.
7. Морозов А.Д. Создание нового оборудования разгрузочно-транспортных пневмокомплексов. Учебное пособие для вузов. - Киев: УМК ВО Украины. - 1993. - 128 с.

Статьи в периодических изданиях

8. Крючков И.В., Дацко А.А., Земсков Г.Г., Морозов А.Д. Экспериментальное определение осевого усилия на шнеке //Механизация и автоматизация производства. - 1969. № 3. - С. 26-27.
9. Крючков И.В., Дацко А.А., Морозов А.Д., Корохов В.Г., Лысак А.П. Мудлы для измерения крутящего момента //Механизация и автоматизация производства. - 1970. - № 2. - С. 41-42.
10. Морозов А.Д. Расчет наименьших линейных размеров модели и анализ погрешностей при моделировании прессов //Механизация и автоматизация производства. - 1971. - № 1. - С. 40.
11. Морозов А.Д. Определение наименьших размеров модели при физическом моделировании шнековых прессов //Механизация и автоматизация производства. - 1971. - № 12. - С. 31-33.
12. Морозов А.Д. Определение основных параметров шнековых прессов методом геометрического моделирования //Механизация и автоматизация производства. - 1971. - № 8. - С. 33-35.
13. Крючков И.В., Морозов А.Д., Корохов В.Г. Расчет предконусной камеры полуавтоматического пресса //Механизация и автоматизация производства. - 1974. - № 1. - С. 40-41.

14. Морозов А.Д., Хобрат Н.И. Автоматическое натяжное устройство для передач гибкой связью // Механизация и автоматизация производства. - 1978. - № 8. - С. 37-39.
15. Морозов А.Д., Шапунов М.М. Рациональные параметры дискового питателя пневмоагрегатора цемента // Строительные и дорожные машины. - 1980. - № 9. - С. 16-18.
16. Морозов А.Д., Хобрат Н.И. Измерение крутящего момента в приводах машин с автоматическим управлением // Механизация и автоматизация производства. - 1981. - № 3. - С. 41-42.
17. Морозов А.Д., Лысак А.П. Новые конструкции пневмовинтовых установок // Сб. материалов республиканского семинара "Механизация и автоматизация перемещения и складирования сыпучих и жидких материалов". - Ленинград. - 1983. - С. 23-31.
18. Хобрат Н.И., Морозов А.Д. Измеритель крутящего момента для приводов машин с автоматическим управлением // Механизация и автоматизация производства. - 1983. - № 3. - С. 41.
19. Морозов А.Д., Лысак А.П., Коспель М.А. Определение осевой нагрузки на подшипники двигателя подъемника цемента // Строительные и дорожные машины. - 1985. - № 12. - С. 28-29.
20. Морозов А.Д., Лысак А.П. Новые винтовые питатели. // Сб. тезисов докладов Всесоюзной научной конференции. - М.: МВТУ им. Баумана. - 1985. - С. 33.
21. Морозов А.Д., Лысак А.П. Определение давления воздуха на стенке цилиндров пневмовинтовых подъемников // Строительные и дорожные машины. - 1986. - № 1. - С. 27-28.
22. Морозов А.Д., Лысак А.П. Повышение ресурса рабочих органов пневмоподъемников // Строительные и дорожные машины. - 1986. - № 2. - С. 16-17.
23. Лысак А.П., Маслак А.С., Морозов А.Д. Смесительные камеры для сыпучих материалов // Механизация и автоматизация производства. - 1986. - № 6. - С. 8-9.
24. Морозов А.Д., Лысак А.П., Волосевич О.В. Методы повышения надежности и безопасности пневмотранспортирующих устройств для перемещения сыпучих материалов // Сб. докладов Всесоюзной школы "Расчет и управления надежностью больших механических систем". - УНЦ АН СССР, Свердловск. - 1986. - С. 57.
25. Морозов А.Д., Тирин М.Ю. Определение осевой нагрузки на подшипники двигателей пневмоагрегатов // Механизация и автоматизация производства. - 1986. - № 11. - С. 45-46.
26. Морозов А.Д., Лысак А.П. Разработка и исследование рациональных конструкций смешительных камер винтовых пневмоподъемников цемента // Библиограф. указатель "Депониров. рукописи". - М.: ВНИИТИ. - 1986. - № 11. - С. 129.
27. Шапунов М.М., Морозов А.Д. Перспективы создания пневмотранспортных роботизированных пневмокомплексов // Материалы республиканского семинара "Применение робототехники на погрузо-разгрузочных транспортных и складских работах" - Л.: ЛДНП. - 1987. - С. 23-29.

28. Морозов А.Д., Лысак А.П., Волосович О.В. Оценка и прогнозирование надежности рабочих органов пневмоинтовых подъемников цемента //Сб. тезисов докладов Всесоюзной научно-технической конференции "Эксплуатационная надежность машин".-УНЦ АН СССР.-Свердловск:-1987.-С. 114.
29. Морозов А.Д. Особенности изнашивания шнеков пневмоинтовых установок //Промышленный транспорт.-1987.-№ 10.-С. 15-17.
30. Морозов А.Д. Технический уровень и основные направления совершенствования оборудования транспортных пневмокомплексов для абразивных грузов в условиях интенсификации и перестройки производства //Сб. тезисов докладов республиканского семинара "Основные направления совершенствования оборудования транспортных пневмокомплексов в условиях интенсификации производства".-Севастополь:-СФРДЭНТП.-1987.-С.4-5.
31. Морозов А.Д. Расчет осевой силы на шнеках пневмоинтовых установок //Сб. тезисов докладов республиканского семинара "Основные направления совершенствования оборудования транспортных пневмокомплексов в условиях интенсификации производства".-Севастополь:-СФРДЭНТП.-1987.-С.16.
32. Шапунов М.М., Морозов А.Д. Интенсификация и роботизация пневмотранспортных комплексов //Межвузовский сборник трудов.-Л.,-ЛИСИ.-1987.-С. 100-106.
33. Морозов А.Д., Лысак А.П., Овраменко М.К. Повышение эффективности строительных работ путем использования пневмоинтовых транспортирующих установок //Сб. тезисов докладов республиканской конференции "Проблемы комплексной застройки южного берега Крыма".-Симферополь:-1983.-С. 78.
34. Морозов А.Д., Лысак А.П. Результаты теоретических и экспериментальных исследований пневмоинтовых подъемников сыпучих грузов //Сб. тезисов докладов НТК "Состояние проблемы и перспективы создания оборудования разгрузочно-транспортных автоматизированных пневмокомплексов для сыпучих грузов".-Севастополь:-СФРДЭНТП.-1988.-С. 65-66.
35. Морозов А.Д. Расчет основных параметров пневмоинтового оборудования //Сб. тезисов докладов НТК "Состояние проблемы и перспективы создания оборудования разгрузочно-транспортных автоматизированных пневмокомплексов для сыпучих грузов".-Севастополь:-СФРДЭНТП.-1988.-С. 67-68.
36. Морозов А.Д., Волосович О.В., Лысак А.П. Повышение ресурса шнеконапорного узла пневмоподъемников, путем балансировки долговечности //Сб. трудов Уральского центра АН СССР,-Свердловск: 1988.
37. Морозов А.Д. Технический уровень и основные направления совершенствования оборудования транспортных пневмокомплексов //Строительные и дорожные машины.-1988.-№ 6.-С. 28.

38. Морозов А.Д. Методы подбора и моделирования при исследовании и создании оборудования разгрузочно-транспортных пневмокомплексов // Тезисы доклада НТК с международным участием "Интенсификация подъемно-транспортных и строительных процессов". - София-Казанлык: -1988.
39. Морозов А.Д., Волосович О.В., Лыок А.П. Управление эксплуатационной надежностью нагнетательных пневмотранспортирующих систем для сыпучих грузов // Сб. тезисов докладов Всесоюзной школы "Расчет и управление надежностью больших механических систем". - УНЦ АН СССР. - Свердловск-Ташкент: -1988. - С.
40. Морозов А.Д. Расчет осевых сил на пневмонапорных механизмах пневмоустановок // Строительные и дорожные машины. - 1989. - № 8. - С. 10-11.
41. Морозов А.Д., Ковалев А.А., Овраненко М.К. Новые пневмоустановки с двухпорными шнеками // Сб. тезисов докладов международного НТС "Механизация и автоматизация перемещения и складирования сыпучих и жидких материалов". - Д.: -ЛДНТП. -1989. - С. 85.
42. Морозов А.Д. Обновление выбора рациональной геометрии шнеков пневмовинтовых установок // Сб. тезисов докладов международного НТС "Механизация и автоматизация перемещения и складирования сыпучих и жидких материалов". - Д.: -ЛДНТП. -1989. - С. 30.
43. Морозов А.Д. Новые винтовые пневмоподъемники для сыпучих грузов // Подъемно-транспортная техника и склады. - 1989. - № 4. - С. 46-47.
44. Морозов А.Д., Шапунов М.М. К созданию разгрузочно-транспортных роботизированных пневмокомплексов // Механизация и автоматизация производства. - 1989. - № 1. - С. 26-28.
45. Морозов А.Д. Пути повышения ресурса пневмонапорных механизмов пневмоустановок // Сб. докладов НТК "Проблемы пневмотранспорта". - АН УССР. - Севастополь: -1989. - С. 71-72.
46. Морозов А.Д. Исследования вибронагруженности шнеков пневмовинтовых установок // Сб. докладов НТК "Проблемы пневмотранспорта". - АН УССР. - Севастополь: -1989. - С. 100-102.
47. Морозов А.Д. К вопросу ремонта пневмонапорных механизмов пневмоустановок // Сб. докладов НТК "Проблемы пневмотранспорта". - АН УССР. - Севастополь: -1989. - С. 96-97.
48. Морозов А.Д. Проблемы грузопереработки сыпучих и жидких материалов // Подъемно-транспортная техника и склады. - 1989. - № 4. - С. 58-60.
49. Морозов А.Д., Соколова А.Н. Исследования пневмонапорных механизмов пневмовинтовых подъемников цемента // Библиограф. указатель "Депониров. рукописи". - М.: ВНИИТИ. - 1989. - № 11. - С. 137.

50. Морозов А.Д. Методы и результаты создания рациональных рабочих органов пневмовинтовых установок //Сб. докладов IV-ой международной конференции по пневмотранспорту. -Будапешт: Технический университет. -1990. -С. 51-54.
51. Морозов А.Д. Интенсификация рабочих процессов пневмо-винтового разгрузочно-транспортного оборудования //Сб. докладов IV-ой международной конференции по пневмотранспорту. -Будапешт: Технический университет. -1990. -С. 41-46.
52. Морозов А.Д. Повышение эффективности и разработка нового пневмовинтового оборудования для абразивных грузов //Сб. тезисов докладов 2-ой Всесоюзной НТК "Проблемы подъемно-транспортной и складской техники. -М.: -1990. -С. 130.
53. Морозов А.Д., Ковалев А.А. Новое оборудования с наборными рабочими органами //Сб. тезисов докладов 2-ой Всесоюзной НТК. "Проблемы подъемно-транспортной и складской техники. -М.: -1990. -С. 129-130.
54. Морозов А.Д., Шапунов М.М., Тирин М.Ю. Результаты исследований и создания новых высокопроизводительных разгрузчиков цемента //Сб. тезисов докладов Всесоюзной НТК по повышению надежности и экологических показателей оборудования. -Нижний Новгород: -1990. -С. 105.
55. Морозов А.Д. Исследования, модернизация и новое пневмовинтовое оборудование для сыпучих грузов //Сб. тезисов докладов на международной НТК "Пневмотранспорт и складирование насыпных строительных материалов". -М.: -ЛДНТИ. -1991. -С. 32.

Авторские свидетельства СССР на изобретения

56. Морозов А.Д., Алексеев Н.И., Лысак А.П., Шапунов М.М., Коппель М.А. Винтовая пневматическая установка для транспортирования сыпучих материалов //А.с. № 688400, заявл. 18.04.1978, опубл. 30.09.1979, бкл. № 36.
57. Морозов А.Д., Лысак А.П., Алексеев Н.И., Шапунов М.М. Пневматический винтовой насос //А.с. № 700402, заявл. 26.05.1978, опубл. 30.11.1979, бкл. № 44.
58. Морозов А.Д., Лысак А.П., Шапунов М.М., Коппель М.А. Винтовой питатель пневмотранспортной установки //А.с. № 755727, заявл. 26.07.1978, опубл. 15.08.1980, бкл. № 30.
59. Морозов А.Д., Крючков И.В., Лысак А.П., Шапунов М.М., Коппель М.А. Винтовой пневматический подъемник для транспортирования сыпучих материалов //А.с. № 759434, заявл. 02.06.1978, опубл. 30.03.1980, бкл. № 32.
60. Морозов А.Д., Крючков И.В., Лысак А.П., Шапунов М.М., Коппель М.А. Винтовой пневматический насос //А.с. № 767496, заявл. 31.07.1978, опубл. 30.09.1980, бкл. № 36.

61. Морозов А.Д., Лысак А.П., Коппаль М.А., Манжос М.А. Винтовая пневматическая установка для транспортирования сыпучих материалов // А.с. № 772961, заявл. 01.03.1979, опубл. 23.10.1980, бкл. № 39.
62. Морозов А.Д., Лысак А.П., Шапунов М.М., коппаль М.А. Шнековый питатель // А.с. № 802143, заявл. 03.04.1979, опубл. 12.02.1981, бкл. № 5.
63. Морозов А.Д., Скворцов А.Ф., Лысак А.П., Алиев М.Г., Федоренко И. Винтовой питатель пневмотранспортной установки для транспортирования сыпучих материалов // А.с. № 893756, заявл. 26.10.1979, опубл. 10.01.1982, бкл. № 48.
64. Морозов А.Д., Алексеевко Н.И., Скворцов А.Ф., Манжос М.А. Винтовой пневматический питатель // А.с. № 1079564, заявл. 22.10.1981, опубл. 15.03.1984, бкл. № 10.
65. Морозов А.Д., Звенигородский Б.М., Коппаль М.А., Саряков В.С., Шапунов М.М. Пневматическая установка для транспортирования сыпучих материалов // А.с. № 1152903, заявл. 23.12.1983, опубл. 30.04.1985, бкл. № 17.
66. Баловнев В.И., Хмара Л.А., Морозов А.Д., Ветвицкий Л.А. Устройство для перегрузки сыпучего материала // А.с. № 1345577, заявл. 14.01.1986.
67. Морозов А.Д., Ковалев А.А., Крючков И.В., Тырин М.Ю. Винтовой питатель для пневматического транспортирования сыпучего материала // Решение ВНИИГПС о выдаче А.с. № 1439056, заявл. 04.06.1987, опубл. 23.11.1988, бкл. № 43.
68. Морозов А.Д., Бондарев А.Т., Шапунов М.М., Ковалев А.А., Пневматический питатель // А.с. № 1456350, заявл. 24.12.1986, опубл. 07.02.1989, бкл. № 5.
69. Морозов А.Д., Ковалев А.А., Крючков И.В., Обраменко М.К. Винтовой питатель для пневматического транспортирования сыпучего материала // А.с. № 1498678, заявл. 07.07.1987, опубл. 07.08.1989, бкл. № 29.
70. Морозов А.Д., Ковалев А.А., Крючков И.В., Коваленко И.Е. Винтовой питатель сыпучего материала // А.с. № 1537630, заявл. 10.06.1988, опубл. 23.01.1990, бкл. № 3.
71. Морозов А.Д., Морозов Е.А., Толмачева С.Н. Винтовой питатель пневмотранспортной установки // А.с. № 1539150, заявл. 11.01.1988, опубл. 30.01.1990, бкл. № 4.
72. Морозов А.Д., Ковалев А.А., Крючков И.В., Морозов Е.А. Винтовой питатель сыпучего груза // А.с. № 1548142, заявл. 11.06.1988, опубл. 07.03.1990, бкл. № 9.
73. Морозов А.Д., Ковалев А.А., Едан Т.А., Тырин М.Ю., Чинский В.П. Винтовой питатель пневмотранспортной установки для транспортирования сыпучих материалов // А.с. № 1629217, заявл. 04.01.1987, опубл. 23.05.1991, бкл. № 7.

74. Морозов А.Д. и др. Винтовой питатель пневмотранспортной установки для транспортирования сыпучих материалов // А.с. №1629234, заявл. 04.01.1987, опубл. 23.02.1991, бкл. № 7.
75. Морозов А.Д., Ковалев А.А., Морозов Б.А., Толмачева С.Н. Пневматическая установка для сыпучих материалов // А.с. № 1654174, заявл. 28.09.1988, опубл. 07.06.1991, бкл. №21.
76. Морозов А.Д., Ковалев А.А., Одновалова И.А., Морозов Б.А. Винтовой питатель пневмотранспортной установки // А.с. № 1661114, заявл. 24.11.1988, опубл. 07.07.1991, бкл. № 25.
77. Морозов А.Д., Ковалев А.А., Тьрин М.Ю., Коваленко И.Б. Пневморазгрузчик // А.с. № 1668258, заявл. 26.12.1988, опубл. 07.08.1991, бкл. № 25.
78. Морозов А.Д., Бондарев А.Т., Кречков И.В., Морозов Б.А. Винтовой питатель пневмотранспортной установки // А.с. № 1689251, заявл. 25.10.1989, опубл. 07.11.1991, бкл. № 41.
79. Морозов А.Д., Кречков В.И., Шапунов М.М., Морозов Б.А. Винтовой питатель пневмотранспортной установки // А.с. № 1726335, заявл. 20.11.1989, опубл. 15.04.1992, бкл. № 14.
80. Морозов А.Д., Ковалев А.А. Винтовой питатель для пневматического транспортирования сыпучего материала // А.с. № 1733353, заявл. 15.01.1990, опубл. 15.05.1992, бкл. № 18.
81. Морозов А.Д., Крикун Ю.А. Пневмовинтовой питатель для транспортирования сыпучего материала // А.с. № 1759761, заявл. 25.09.1990, опубл. 0.709. 1992, бкл. № 33.
82. Морозов А.Д., Бондарев А.Т., Боровский Б.И., Ковалев А.А. Пневматический винтовой питатель // А.с. № 1766797, заявл. 08.10.1990, опубл. 07.10.1992, бкл. № 37.
83. Морозов А.Д., Ковалев А.А. Шнековый питатель // Решение БННМПЗ о выдаче а.с. от 17.01.1991 № 4753462/II.
84. Морозов А.Д., Крикун Ю.А. Пневмовинтовой питатель для транспортирования сыпучего материала // Решение БННМПЗ о выдаче а.с. от 26.03.1991 № 4868921/-II.
85. Морозов А.Д., Крикун Ю.А. Пневмовинтовой питатель для транспортирования увлажненного сыпучего материала // Решение БННМПЗ о выдаче а.с. от 13.01.1992 № 4939309/-II.

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.	3
1. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СОЗДАНИЯ НОВОГО ПНЕВМОВИНТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ.	10
2. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ КОНСТРУКЦИЙ ШНЕКОНАПОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПВУ.	12
2.1. Закономерности износа и термодинамической стойкости деталей ПМ.	12
2.2. Исследования ресурса ПВУ при замене броневых гильз износостойкими регулируемыми вкладышами.	19
2.3. Основные закономерности взаимодействия груза со шнеками различной геометрии.	22
3. ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПНЕВМОВИНТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ.	28
3.1. Создание ПВУ совмещающих транспортные и технологические операции.	28
3.2. Повышение производительности бесклапанных ПВУ.	31
4. ИССЛЕДОВАНИЯ СМЕСИТЕЛЬНЫХ КАМЕР ПНЕВМОУСТАНОВОК И ИХ УЗЛОВ.	35
4.1. Основные принципы создания облегченных смесительных камер.	35
4.2. Повышение эффективности работы обратных клапанов пневмоустановок.	36
5. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЧИСТОТЫ ПНЕВМОРАЗРУЗЧИКОВ.	37
5.1. Исследования работы заборных устройств.	37
5.2. Интенсификация работы прямой и смесительных камер.	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.	41
СПИСОК РАБОТ, ОБОБЩЕННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ.	46
СОДЕРЖАНИЕ.	53

ПОДПИСАНО К НАБОРУ И ПЕЧАТИ 30 МАРТА 1903 Г. ОБЪЕМ: 2,5 П.Л.
ТИПОГРАФИЯ СВВСУ. ЗАКАЗ № 08.

465284

AB 27316
AB 27.316