

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Сәтбаев университеті

Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра Технологические машины, транспорт и логистика

УДК 658.78

На правах рукописи

Хайруллаев Данияр Хайруллаулы

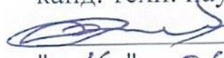
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра технических наук

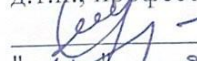
Название диссертации «Разработка и исследование параметров пневмобаллонного привода с прерывистым (пошаговым) циклом движения в качестве вспомогательного привода барабанных мельниц»

Направление подготовки 7М07111 – Цифровая инженерия машин и оборудования

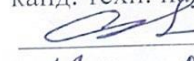
Научный руководитель,
канд. техн. наук., ассоц. профессор

 Бейсенов Б.С.
" 16 " 06 2021 г.

Рецензент
д.т.н., профессор

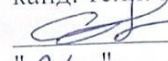
 А. Турдалиев
" 19 " 06 2021 г.

Нормоконтроль
канд. техн. наук., ассист. проф.

 С.А. Бортебаев
« 19 » 06 2021 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНУ им. К.И. Сатпаева»
Институт Металлургии и
Промышленной инженерии

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ТМ, Т и Л
канд. техн. наук, ассоц. проф.

 К.К. Елемесов
" 21 " 06 2021 г.

Алматы 2021 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Сәтбаев университеті

Институт металлургии и промышленной инженерии

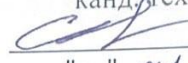
Кафедра "Технологические машины, транспорт и логистика"

7M07111 – Цифровая инженерия машин и оборудования

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ТМТиЛ

канд. техн. наук, асс. проф.

 К.К.Елемесов

"04" 01 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Хайруллаеву Данияру Хайруллаулы

Тема: «Разработка и исследование параметров пневмобаллонного привода с прерывистым (пошаговым) циклом движения в качестве вспомогательного привода барабанных мельниц»

Утверждена приказом Ректора университета №435-м "03" декабря 2020 г.

Срок сдачи законченной диссертации "15" июня 2021 г.

Исходные данные к магистерской диссертации:

материалы исследовательской практики на полигоне кафедры «Технологические машины, транспорт и логистика», а также результаты НИР №АР05131236/2018 «Модернизация горнометаллургического оборудования с использованием инновационных материалов и компоновок приводов»

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

a. Аналитический обзор проблем связанных с применением пневматических силовых элементов в приводах технологических машин;

b. Анализ конструктивных особенностей привода с применением пневматических баллонов;

c. Обоснование и компоновка стенда для исследования возможностей пневмобаллонного варианта в качестве пуско-вспомогательного устройства;

d. разработка методики и корректное проведение стендовых испытаний

Рекомендуемая основная литература:

1 Иманкулов А.А., Бейсенов Б.С., Елемесов К.К., Кургманалиев М.Б. «Некоторые аспекты применения силовых гибких оболочек с возвратно-поступательным движением в приводах металлургических машин» Алматы, КазНТУ им. К.И.Сатпаева «Сатпаевские чтения».2013 г.

2. Ярмоленко Г.З. Пневматический привод горных машин. Изд-во «Недра», 1967. 162с.

3. Курсовое проектирование Деталей машин. С.А. Чернавский, К.Н. Боков, М.:Машиностроение, 1987.416с.

4. Курсовое проектирование Деталей машин. Учебное пособие для учащихся машиностроительных специальностей (Чернавский С.А., Боков К.Н., Черпин И.М., Козинцов В.А.) – М.: Металлургия, 1987. – 414 с.




5.Бейсенов Б.С., Сейіт С.Ж., Сарыбаев Е.Е. Тихоходный пневмокамерный привод технологических машин. - Вестник КазННТУ, 2018. -№2с




6. Желоманов Р.М., Бейсенов Б.С., Сарыбаев Е.Е. Особенности применения пневматических камерных подушек для тихоходных приводов технологических машин. - Вестник КазННТУ, 2018. -№2.5с.

ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1. Аналитическая часть	1.03.2021	
2. Расчетно-конструкторская часть	1.04.2021	
3. Стенд для исследования параметров пневмобаллонного привода	10.04.2021	
4. Стендовые испытания	1.05.2021	
5. Перспективы применения пневмобаллонного привода	10.05.2021	

Подписи консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
1. Аналитическая часть	к.т.н., асоц.проф. Бейсенов Б.С.	1.03.2021	
2. Расчетно-конструкторская часть	к.т.н., асоц.проф. Бейсенов Б.С.	1.04.2021	
3. Стенд для исследования параметров пневмобаллонного привода	к.т.н., асоц.проф. Бейсенов Б.С.	10.04.2021	

4. Стендовые испытания	к.т.н., ассоц.проф. Бейсенов Б.С.	1.05.2021	
5. Перспективы применения пневмобаллонного привода	к.т.н., ассоц.проф. Бейсенов Б.С.	10.05.2021	
Нормоконтролер	к.т.н., ассист.проф. Бортебаев С.А.	19.06.2021	

Научный руководитель  Бейсенов Б.С.
(подпись) (Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению магистрант  Хайруллаев Д.Х.
(подпись) (Ф.И.О.)

Дата " 10 " // 2020 г

АНДАТПА

Бұл жұмыста магистрлік жұмысты орындау барысында шешілген бірқатар міндеттер қарастырылды:

- 1) Пневмобаллон жетегінің техникалық параметрлерін іске қосу-көмекші құрылғы ретінде зерттеуге арналған стенд жасалды;
- 2) Стендтік сынақтар жүргізу және параметрлерді бағалау әдістемесі әзірленді;
- 3) Стендтің аппараттық дизайнының құрылымы жасалды;
- 4) Стендтік сынақтар дұрыс жүргізілді.

Жұмыс кіріспеден, аналитикалық бөлімнен, есептік-конструкторлық бөлімнен, эксперименттік бөлімнен, стендтік сынақтардың нәтижелерін талқылаудан, қорытындыдан, 21 атаудан пайдаланылған көздер тізімінен тұрады. Диссертациялық жұмыс 53 бетте баяндалған, 25 суретпен суреттелген.

АННОТАЦИЯ

В этой работе рассмотрены ряд задач, которые были решены в ходе выполнения магистерской работы:

- 1) Разработан стенд для исследования технических параметров пневмобаллонного привода в качестве пуско-вспомогательного устройства;
- 2) Разработана методика проведения стендовых испытаний и оценки параметров;
- 3) Разработана структура аппаратурного оформления стенда;
- 4) Корректно проведены стендовые испытания.

Работа состоит из введения, аналитической части, расчетно-конструкторской части, экспериментальной части, обсуждения результатов стендовых испытаний, выводов, списка использованных источников из 25 наименований. Диссертационная работа изложена на 57 странице, иллюстрирована 18 рисунками.

ANNOTATION

In this paper, we consider a number of tasks that were solved during the implementation of the master's work:

- 1) A stand has been developed to study the technical parameters of a pneumatic cylinder drive as a starting and auxiliary device;
- 2) A methodology for conducting bench tests and evaluating parameters has been developed;
- 3) The structure of the hardware design of the stand has been developed;
- 4) The bench tests were carried out correctly.

The work consists of an introduction, an analytical part, a design and design part, an experimental part, a discussion of the results of bench tests, conclusions, and a list of sources used from 21 titles. The dissertation work is presented on 57 pages, illustrated with 25 drawings.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	7
1	Аналитический обзор	9
1.1	Приводы технологических машин	9
1.2	Основные причины выбора пневмопривода	11
1.3	Использования пневматических объемных приводов в металлургии	13
1.4	Анализ конструктивного исполнения объектов для внедрения пневмобаллонных приводов	15
2	Расчетно-конструкторская часть	22
2.1	Описание предлагаемого варианта пневмобаллонного привода	22
2.2	Описание системы управления	25
2.3	Расчёт параметров и конструктивных элементов привода	27
3	Стенд для исследования параметров пневмобаллонного привода	33
3.1	Описание стенда	33
4	Стендовые испытания	35
4.1	Методика и процедуры проведения стендовых исследований	35
4.2	Аппаратурное оформление	37
4.3	Результаты стендовых исследований	38
5	Перспективы применения пневмобаллонного привода в качестве пуско-вспомогательного устройства барабанных мельниц	41
	Заключение	45
	Список литературы	48
	Приложение А (статья)	50

ВВЕДЕНИЕ

Любой технологический процесс, несмотря на различия методов, состоит из взаимосвязанных типовых технологических этапов, проходящих в аппаратуре определенного класса. Однако высокие требования к качеству продукции, эффективности производства, снижению ее энерго-и материалоемкости, охране окружающей среды обусловили специфику аппаратурно-технологического оформления этих технологических этапов получения чистой руды и подобных процессов в других отраслях промышленности.

Одним из наиболее эффективных и безопасных приводов машин и механизмов, используемых в горнодобывающей и металлургической промышленности, является пневматический привод, который имеет ряд существенных преимуществ перед электрическим и гидравлическим приводами.

Комплексное решение вопросов совершенствования современных приводов требует особого внимания к проектированию и реализации механических преобразователей движения. В настоящее время усиливается тенденция к упрощению механических устройств технологического оборудования и к использованию иных источников энергии, кроме электрической.

Новые технологические машины с пневмокамерным приводом будут обладать целым рядом технических преимуществ по сравнению с традиционными электромеханическими:

- простота и дешевизна конструкции;
- значительно меньший вес по сравнению с существующими машинами, выполняющими те же функции;
- значительный крутящий момент;
- возможность регулирования в значительном диапазоне рабочих характеристик силовых элементов;
- высокий коэффициент раздвижности силового элемента;
- высокая способность к поглощению ударных нагрузок благодаря эластичности материала и сжимаемости воздуха;
- использование только одного вида энергии.

В сочетании с храповыми механизмами свободного хода они могут существенно улучшить конструктивное исполнение транспортирующих машин с непрерывным тяговым органом, к которым относятся машины непрерывного действия для транспортировки сыпучих материалов.

Целью данной работы является разработка и исследование параметров пневмобаллонного привода с прерывистым (пошаговым) циклом движения в качестве вспомогательного привода барабанных мельниц.

Объектом разработки является пневмобаллонный привод с прерывистым (пошаговым) циклом движения.

Предмет исследования – конструктивные и технические параметры установки.

Задачи исследования:

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать стенд для исследования технических параметров привода;
2. Разработать методику исследования и оценки параметров;
2. Разработать структуру аппаратного оформления стенда;
3. Корректно провести стендовые испытания.

Научная новизна работы заключается в том, что представлены результаты предварительных исследований по использованию в качестве вспомогательного привода лабораторной барабанной мельницы пневмобаллонного варианта с прерывистым циклом движения.

Апробация полученных результатов. Полученные результаты опубликованы и доложены на научно-практической конференции «Сатпаевские чтения – 2021».

1 Аналитическая часть

1.1 Приводы технологических машин

Привод технической системы – это кинематическая цепочка технических устройств (назовем их – комплекты из за сложной комплектации конструкции), предназначенных для передачи энергии рабочему органу, создания у него требуемой скорости и задания ему требуемой траектории движения. В кинематическую цепочку входят – источник энергии, передаточный механизм, система управления скоростным режимом и распределения движения по параллельным потребителям.

Являясь главным организатором работы машины, в то же время привод выступает в роли вспомогательного элемента технической системы, поэтому идеология его проекта основана на предельной компактности и максимальной производительности.

Проблемы приводов разнообразны и зависят от типа машины и комплектов привода. Их можно систематизировать по решаемым приводом задачам – передача рабочему органу энергии для совершения механической работы, задание потребной кинематики режимов движения, задание требуемой траектории движения рабочего органа. Дополнительно приводы требуют совершенствования в рамках решения проблем по экономии ресурсов и экологии рабочего процесса. Стратегические направления совершенствования приводов машин можно сформулировать следующим образом:

- 1) снижение массы, габаритов и удельных показателей на единицу мощности (производительности);
- 2) повышение производительности рабочего процесса без значительного увеличения габаритов и массы;
- 3) снижение потерь мощности на внутреннее трение;
- 4) повышение межремонтного ресурса;
- 5) ремонтпригодность комплектов;
- 6) универсальность к типам машин;
- 7) упрощение исполнительного механизма;
- 8) возможность уравнивания простыми способами;
- 9) управление параметрами движения;
- 10) энергетическая экономичность;
- 11) экологичность продуктов работы комплектов.

Как видим, направлений совершенствования множество. В соответствии с ними работает огромное количество научных коллективов ведущих вузов и стран, но совершенствуются в основном приводы конкретных машин. Работ по комплексному совершенствованию почти нет, так как никто не ставит цель поиска универсальной и совершенной схемы для разных комплектов привода машин.

Для экономии энергии, повышения качества продукции и увеличения производительности технологического оборудования, наиболее полного

приспособления технологических машин передачи привода должны в достаточно широком диапазоне дозировать механическую энергию. Актуальна проблема плавного запуска и регулирования частоты вращения рабочего органа через привод, которая решается в настоящее время путем применения достаточно сложных электромеханических устройств.

Как правило, угловые скорости валов большинства используемых в настоящее время в технике двигателей значительно превышают угловые скорости валов исполнительных или рабочих органов машин, порой на 2-3 порядка. Поэтому доставка (передача) энергии двигателя с помощью передачи любого типа, в том числе и механической, происходит, как правило, совместно с одновременным преобразованием моментов и угловых скоростей (в сторону повышения первых и понижения последних).

При этом необходимо отметить, что конструктивное обеспечение функции транспортного характера – чисто передачи энергии иной раз вступает в логическое противоречие с направлением задачи конечного преобразования силовых и скоростных параметров этой энергии.

Иногда передача механической энергии двигателя сопровождается также преобразованием вида движения (например, поступательного движения во вращательное или наоборот) или законов движения (например, равномерного движения в неравномерное).

Потребность в приводах с тихоходным вращением выходного вала для конструкций различных машин и механизмов довольно велика. Как правило, для создания привода при частоте вращения его выходного вала менее 15 об/мин используют последовательное соединение двух и более видов механических передач. При такой компоновке привода его массо-габаритные и стоимостные показатели заметно ухудшаются.

Существует два главных направления решения проблем приводов – усовершенствование применяемых комплектов привода и разработка новых конструкций комплектов привода с лучшими эксплуатационными свойствами на основе нетрадиционных известных или синтезированных схем механизмов.

При совершенствовании типовых конструкций решают задачи моделирования принципа работы для глубокого аналитического и экспериментального исследования сути проблемы. На основе полученных результатов корректируют конструкцию. Эффективность метода – от 3 % до 15 % решения проблемы привода.

Второе направление более прогрессивное. Ее решения позволяют повысить эффективность до 60 % в решении проблемы, комплексно устранить взаимосвязанные недостатки, открыть новое направление в машиностроении. Например, разработки альтернативной энергетики с применением гибридных агрегатов и электричества позволили решить от 20 % до 100 % экологических проблем приводов. Роторные конструкции развиваются все интенсивнее, так как решают проблемы компактности и уравновешенности. Новые рабочие процессы в комплектах приводов также решают задачу их совершенствования.

Нетрадиционные конструкции приводов обладают полной уравновешенностью, им присуще малое трение в кинематических парах, в

некоторых случаях – рабочий процесс не поступательного движения, высокая удельная мощность и механический КПД, компактность и другие.

1.2 Основные причины выбора пневмопривода

Одно из основных направлений развития современного промышленного производства - это разработка и внедрение высокопроизводительных гибких автоматизированных комплексов различного назначения. Материальным воплощением этого направления развития является автоматизированное адаптивное технологическое оборудование на базе роботов .

Пневматические приводы получили широкое применение в самых различных отраслях человеческой деятельности: в станкостроении, транспортном машиностроении, литейном и кузнечном производстве, полиграфическом машиностроении, строительном и автомобильном деле, самолётостроении, в ракетных двигателях, в кожевенной и пищевой промышленности, на железнодорожном транспорте, в топливно-энергетическом комплексе, химической промышленности, космонавтике и т. д. В настоящее время трудно назвать отрасль промышленности, в которой бы не применялись пневматические приводы в том или ином виде. Пневмоустройства используются в качестве приводов зажимных и транспортирующих механизмов, для дистанционного управления и регулирования, в контрольно-измерительных приборах, при автоматизации машин и устройств, работающих в агрессивных средах, в условиях пожаро- и взрывоопасности, радиации, а также в условиях значительных вибраций и высоких температур. Элементы пневмоавтоматики и пневмоприводы всё больше внедряются в медицинские приборы различного назначения - для искусственного дыхания, кровообращения, инъекций и т. д. .

Широкое применение пневмоприводов объясняется их преимуществами по сравнению с другими средствами автоматизации, однако, пневматические приводы обладают и рядом недостатков, которые сдерживают их применение. Рассмотрим достоинства и недостатки пневмопривода необходимо в сравнении с другими конкурирующими видами приводов - с электрическим и гидравлическим.

Основные недостатки пневматического привода в сравнении с электрическим заключаются в меньшей скорости срабатывания, сложности регулирования скорости и обеспечения требуемого закона движения и, как следствие, в сложности адаптации привода к изменяющимся динамическим нагрузкам, и, наконец, в большем уровне шума при работе и утечках воздуха. Преимущество пневмопривода перед электроприводом состоит в том, что имеется возможность воспроизводить поступательное движение без каких-либо передаточных механизмов. Это преимущество становится особенно очевидным в тех случаях, когда необходимо осуществлять возвратно-поступательное движение. Пневмоустройства вращательного движения отличаются от электродвигателей меньшими габаритами, нечувствительностью к длительным

перегрузкам, простотой регулирования, полной безопасностью для оператора. Значительным преимуществом пневмопривода перед электроприводом является его взрыво-пожаробезопасность, что позволяет использовать его в нефтяной и газовой промышленности, на атомных электростанциях .

По сравнению с гидравлическим приводом пневмопривод имеет большие размеры, а при равных габаритах развивает меньшие усилия; это объясняется более высоким давлением жидкости в гидроприводе. Кроме того, гидропривод лучше справляется с задачами позиционирования и точнее отрабатывает координаты. Вместе с тем, для пневмопривода характерны более высокая скорость срабатывания, меньшая длина возвратных линий, более низкая стоимость, меньшие требования в отношении герметичности, большая независимость от колебаний температуры .

Итак, пневматические приводы получили широкое распространение практически во всех отраслях промышленности благодаря низкой стоимости, малой чувствительности к условиям работы, взрыво - пожаробезопасности, высоким скоростям перемещения груза. Тем не менее, в отдельных случаях пневматический привод проигрывает конкурирующим видам приводов (гидравлическому и электрическому). Существует ряд задач, которые пневматические приводы не способны решать эффективно из-за сильной сжимаемости их рабочей среды - воздуха. Одной из таких задач является безударная остановка привода в конце хода при условии изменения массы груза в широком диапазоне. Стандартные пневмоприводы перемещают значительные (до 40 кг) грузы с высокой (до 2 м/с) скоростью .поэтому в конце хода могут возникать удары значительной силы. Удар может привести к потере предмета транспортирования из-за очень больших ускорений в момент удара или вызвать длительный колебательный процесс исполнительных органов (консольных звеньев) технологической машины, что в свою очередь может привести к уменьшению производительности машины из-за необходимости ожидания завершения колебательного процесса, ускоренному износу машины, уменьшению её точности из-за пластических деформаций соударяющихся звеньев. Сложность адаптации пневмопривода к изменяющимся динамическим нагрузкам приводит при одних массах грузов к удару в конце хода, при других массах грузов - к увеличению длительности переходного процесса из-за малых ползучих скоростей.

Указанные недостатки, характерные для пневматических приводов, на практике приводят к отказу конструкторов технологического оборудования от пневматического привода или к неоправданному снижению скорости в последнем во избежании сильных ударов .Таким образом, работа по созданию высокоскоростного пневматического привода, способного плавно останавливаться в конце хода вне зависимости от массы перемещаемого груза, является актуальной и представляет большой практический интерес.

Несмотря на перечисленные недостатки пневмопривода, его потенциальные возможности далеко не исчерпаны и работы над усовершенствованием пневмоприводов продолжают . Это касается как вопросов торможения и позиционирования, так и вопросов повышения

быстродействия и адаптации приводов к изменяющейся в широком диапазоне динамической нагрузке.

1.3 Использование пневматических объемных приводов в металлургии

В металлургических машинах и агрегатах получили широкое распространение пневматические исполнительные механизмы, работающие на сжатом воздухе, или вакуумные, в которых движущей силой является атмосферное давление.

Работа пневматических механизмов, приводимых в действие сжатым воздухом, характеризуется переменной скоростью перемещения поршня в цилиндре вследствие расширения воздуха, поэтому такого типа механизмы применяются главным образом в тех случаях, когда закон изменения скорости ведомого звена не имеет существенного значения, т. е. необходимо лишь переместить его на определенную величину за заданный промежуток времени.

В отличие от гидравлических механизмов, легко поддающихся настройке на заданную скорость перемещения ведомого звена независимо от величины нагрузки, приложенной к нему, в пневматических механизмах возможность поддержания постоянной скорости движения поршня исключена. Это обстоятельство привело к появлению так называемых пневмогидравлических механизмов, в которых сочетаются достоинства гидравлических и пневматических механизмов. В них подача жидкости в рабочий цилиндр производится действием сжатого воздуха в воздухосборнике, вследствие чего отпадает необходимость в установке насоса для подачи рабочей жидкости. Регулирование расхода жидкости в пневмогидравлических механизмах с целью поддержания скорости перемещения поршня в рабочем цилиндре на заданном уровне производится обычной гидравлической аппаратурой.

Наиболее распространенными пневматическими механизмами металлургических машин являются шатунно-коромысловые механизмы, кулисные механизмы с качающимися цилиндрами и поступательные.

Первые применяются главным образом для осуществления поступательного движения, вторые — качательного движения ведомого звена. Для сообщения ведомым звеньям вращательного движения используются ротационные пневматические механизмы (лопастные или поршневые).

Работа пневматических механизмов может также характеризоваться наличием или отсутствием цикличности. В подавляющем большинстве случаев пневматические механизмы металлургических машин работают при получении сигнала с пульта управления машиной или от управляющего механизма. В зависимости от характера выполняемых механизмом операций поршень может совершать при получении сигнала ход только вперед или только назад или же совершить движение вперед и назад, т. е. совершить один цикл движений. Соотношение времени движения и покоя механизма зависит от ряда

обстоятельств, в частности может определяться цикловой диаграммой работы машины.

Большинство пневматических механизмов металлургических машин характеризуется отсутствием цикличности в работе. К таким механизмам относятся механизмы печных толкателей, толкателей прокатных станов, стрелок, сбрасывателей, подъема транспортных роликов, дозаторов, отсекающих, затворов бункеров, замков, зажимов, прижима подающих роликов, подъема конусов доменной печи, подъема исчезающих упоров, нажимных роликов моталок и ряд других.

Наряду с этим в металлургических машинах нашли применение также механизмы, работающие циклично. К ним относятся механизмы центрователей, устанавливаемые в линии прошивных прокатных станов для зацентровки заготовок, пневматические подающие аппараты станов пилигримовой прокатки труб, пневматические заправочные машины для мартеновских печей. При работе в газоопасной среде также могут быть использованы пневматические ротационные механизмы (поршневые или лопастные), работающие на сжатом воздухе.

Почти во всех приведенных выше случаях пневматические механизмы могут быть заменены механизмами с электрическим приводом. Однако возможность использования в каждом конкретном случае того или иного механизма должна быть установлена соответствующим анализом, дающим возможность учесть стоимость оборудования, эксплуатационные расходы, надежность работы в абразивной среде и работы при высокой температуре, простоту обслуживания, а также целый ряд других факторов.

Конструктивное решение ряда пневматических механизмов металлургических машин проще, чем, например, механизмов, приводимых в действие электрическими двигателями. Кроме того, во многих случаях эксплуатация пневматических механизмов оказывается легче и связана с меньшими материальными затратами, чем при применении электропривода. Более того, при размещении исполнительных механизмов в зоне высоких температур, а таких случаев в металлургической промышленности немало, пневматические механизмы могут оказаться единственно применимыми. Последнее относится и к случаям, когда исполнительный механизм работает во взрывоопасной атмосфере.

Пневматические механизмы могут быть использованы в случаях, когда внешние силы сопротивления или перемещаемые с определенным ускорением массы сравнительно невелики. Ограниченное применение пневматических механизмов в металлургических машинах обусловлено относительно малым рабочим давлением воздуха — 0,6...0,8 МПа. Поэтому в случае необходимости преодоления больших сил сопротивления или сил инерции размеры пневматических цилиндров получались бы большими и применение их было бы нецелесообразным.

Следует отметить, что благодаря преимуществам пневмопривода, обусловленным высокой стоимостью энергии сжатого воздуха, в ряде случаев положительный результат, происходящий вне конкуренции, значительно

превышает энергетические затраты. В ряде отраслей отечественной и зарубежной промышленности пневматическая энергия все больше вытесняет другие виды энергии.

1.4 Анализ конструктивного исполнения объектов для внедрения пневмобаллонных приводов

1.4.1 Вакуум-фильтры

Вакуум-фильтр был выбран в качестве объекта для внедрения пневмобаллонного привода как оборудования, у которого техническая характеристика наиболее оптимальна: небольшая мощность от 0,7 до 4,5 кВт, весьма незначительная скорость вращения 0,2 об/мин, неблагоприятные условия для применения электромеханического привода (гидрометаллургический цех).

В целях конструктивного упрощения и повышения надежности привода вращения дискового вала фильтра предлагается храповый механизм (толкающего типа) с использованием толкающего усилия пневмобаллонов серии И02 ТУ 38 10496 – 80 (диаметр опорной части $\varnothing = 200$ мм, ходом $\delta=0\dots 200$ мм.), работающих при давлении до 0,5 МПа (5 атм.) т.е. возможна запитка от цеховой пневмомагистрали (рисунок 1)

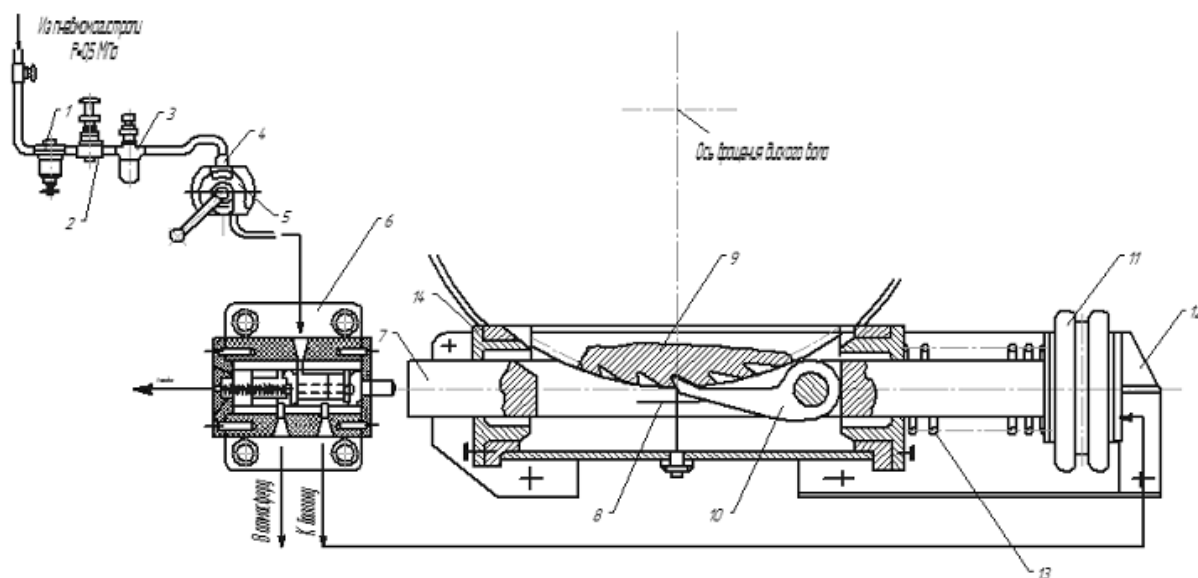


Рисунок 1 - Схема пневмобаллонного привода вакуум фильтра

1.4.2 Пневмоподпор для барабанных мельниц

Рассмотренный выше, принцип использования гибких силовых оболочек может быть успешно применен в ряде механизмов металлургической промышленности, в частности, при создании пневмоподпора для барабанных мельниц с целью обеспечения их надежной работы. Барабанные рудо размольные мельницы являются, незаменимыми измельчительными агрегатами

на обогатительных фабриках. В зависимости от измельчающих тел барабанные мельницы делятся на шаровые, стержневые, рудногалечные и самоизмельчения. Барабан уложен на двух подшипниках скольжения с баббитовыми вкладышами.

Смазка подшипников осуществляется из централизованной системы жидкой смазки. В последних конструкциях мельниц применена гидростатическая смазка. Система смазки предусматривает установку двух маслонасосов (один резервный). Перед пуском мельницы масло по маслопроводам поступает в карманы подшипников. Под давлением масла цапфы барабана в подшипниках поднимаются примерно на 0,3мм и в течение всего периода вращения работают на масляной подушке, не касаясь вкладышей. В системе предусмотрены автоблокировки: автоматический запуск резервного маслонасоса при снижении давления в маслопроводах, невозможность запуска мельницы до достижения рабочего давления. Малое трение позволяет уменьшить потребляемую мощность при установившемся движении и, особенно, при пуске. Для создания пневмоподпора можно использовать силовые гибкие оболочки поступательного действия. Схематическое изображение возможного варианта механизма представлено на рис.1

Первоначально воздух подается во все гибкие резинокордовые оболочки для создания предварительного распора, который сохраняется в течение всего времени работы агрегата

Перед пуском мельницы включением полного рабочего давления в системе пневмоподбора барабан мельницы перемещается вверх настолько, что цапфы в подшипниках поднимаются примерно на $0,3 \div 0,4$ мм. При достижении заданной высоты подъем автоматически прекращается. Одновременно включается маслонасос, создающий под цапфами масляный клин, на который опираются цапфы барабана.

После достижения заданного давления в маслопроводе пневмоподпор опускается до образования зазора между барабаном и опорными роликами на верхней плоскости пневмоподпора. С этой целью давление воздуха в системе опускается до уровня предварительного распора. Необходимо предусмотреть, чтобы в случае снижения давления в маслопроводе автоматически происходило включение системы пневмоподпора. Роль пневмоподпора мельницы заключается также в том, чтобы предохранить от резкого опускания цапфы барабана при снижении давления в маслопроводе в момент отключения маслонасоса. Схема установки пневмоподпора показана на рис.2

Другая не менее важная сторона пневмоподпора - снижение трудоемкости при ремонте опор скольжения. Возможность демонтажа опор без демонтажа барабана. Таким образом, внедрение пневмоподпора существенно повысит надежность и долговечность барабанных мельниц, позволит упростить конструктивное исполнение системы смазки. К тому же воздух как энергоноситель обязательный атрибут цехов обогатительных фабрик.

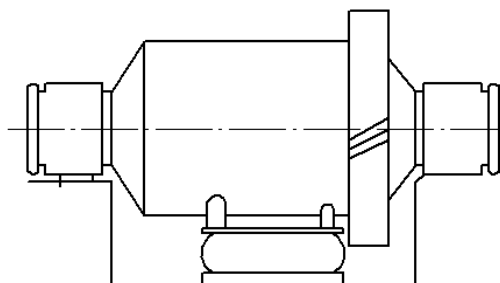


Рисунок 2 - Устройство пневмоподпора

1.4.3 Пневмоподпор упорных роликов трубчатых печей

Упорные ролики служат для контроля положения бандажей на опорных роликах. Устанавливают их по обеим сторонам одного или нескольких бандажей, примыкающих к приводному механизму, с зазором 15—40 мм на сторону. Вращение упорного ролика — сигнал о предельном смещении барабана и необходимости принятия, предупредительных мер против возможного сползания барабана с опор.

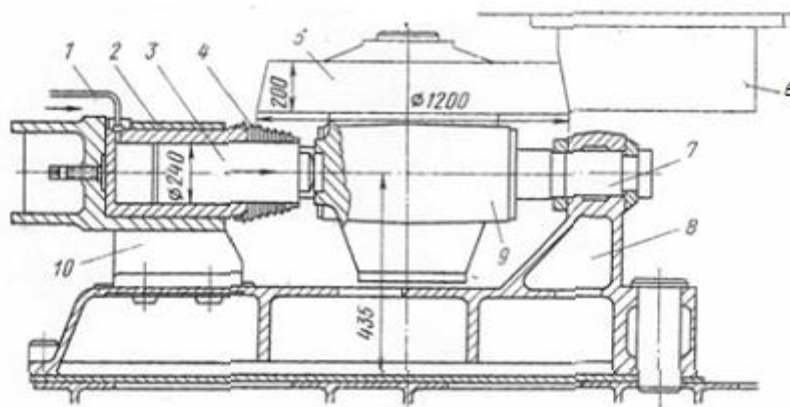
Правилами технической эксплуатации предусмотрен допуск на параллельность осей опорных роликов и барабана $\pm 0,1$ мм на 1 м длины барабана. Перекос осей приводит к увеличению расхода энергии, расстройству крепления и повышению износа бандажей, роликов и подшипников. Тем не менее, во время эксплуатации приходится поворачивать ролики на угол 10—45° относительно продольной оси барабана. Величину угла подбирают с таким расчетом, чтобы поддержать барабан в среднем положении возникающей в результате разворота роликов силой; эта сила должна превышать силу, под действием которой барабан сползает вниз. При развороте соблюдают параллельность правого и левого роликов опоры. Угол разворота измеряют свинцовыми прокладками, пропускаемыми между бандажом и роликами. В малых и средних печах разворачивают ролики одного, а в крупных — двух бандажей, примыкающих к приводу.

В усовершенствованных конструкциях печей устанавливают специальные упорные ролики (гидроупоры), работающие от гидросистемы. Ролик 5 гидроупора (рис. 3) под давлением плунжера 3 перемещается (в двух направлениях) вдоль оси печи кверху, нажимает на бандаж опустившегося в нижнее предельное положение барабана и таким образом перемещает барабан в верхнее предельное положение. При достижении этого положения насосы высокого давления выключаются, и печь медленно (в зависимости от угла наклона и частоты вращения барабана) опускается вниз. В предельном нижнем положении ограничитель перемещения включает гидросистему, и барабан снова начинает перемещаться кверху. Продолжительность полного цикла перемещения барабана 24 - 48 ч.

Число необходимых гидроупоров определяют расчетом в зависимости от параметров печи. В печах размером 5x185 м установлено пять гидроупоров у пяти бандажей. На верху печи установлен предохранительный клапан, ограничивающий давление в гидросистеме, чтобы предотвратить перемещение

барабана дальше установленного положения. На нижнем конце печи закрепляют массивный упор, рассчитанный на кратковременное удержание барабана в случае возможных неполадок в гидросистеме.

Применение гидросистемы с гидроупорами позволяет автоматизировать процесс управления перемещением работающего барабана вдоль оси, снизить износ бандажей, опорных роликов и подшипников и уменьшить ширину бандажей и опорных роликов.



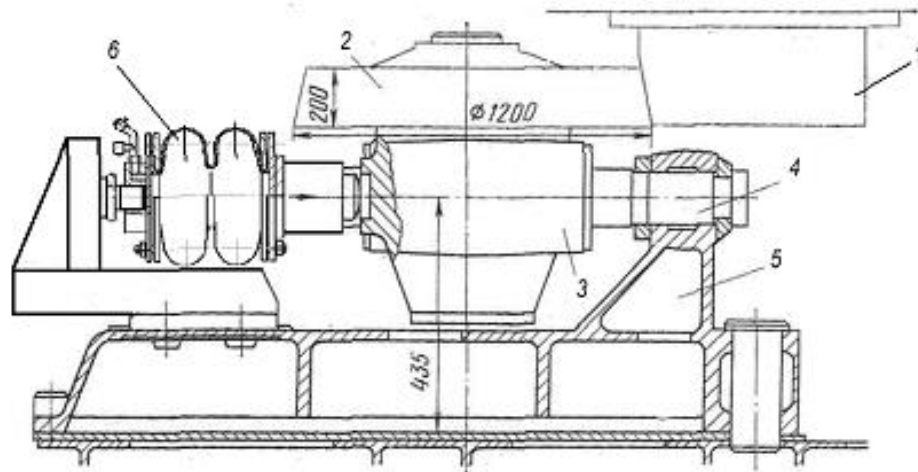
1 — маслопровод; 2 — гидроцилиндр; 3 — плунжер; 4 — уплотнение;
5 — упорный ролик; 6 — бандаж; 7 — направляющие; 8 — станина;
9 — кулиса ролика; 10 — стойка

Рисунок 3 - Схема гидроупора

Но применение гидросистем в горячих цехах весьма проблематично. К тому же температура в печи может достигать 1500° С.

Предварительные расчеты показали, что для возврата печи в исходное положение могут быть использованы пневматические баллоны серии И-02. Конструктивная проработка узла пневмоподпора приведена рис.1.10.

Практика эксплуатации показала, что пневмоподпор как и гидроупор из-за незначительного наклона печи в сторону загрузки и в целях повышения долговечности и упорного ролики и торцевой поверхности бандажа должны включаться через определенные промежутки времени до момента барабана в исходное положение.



1 — бандаж; 2 — упорный ролик; 3 — кулиса ролика;
4 — направляющая; 5 — станина; 6 — пневматический баллон.
Рисунок 4 - Схема пневмоподпора упорного ролика

1.4.4 Пневмобаллонный привод лоткового питателя

Анализ конструктивного исполнения оборудования медно-молибденовой обогатительной фабрики ПО "Балхашмедь" выявил ряд машин, где применение силовых гибких оболочек существенным образом позволит упростить конструкцию привода и снизить эксплуатационные расходы.

Существующий электропривод лоткового питателя (рис.5) работает в тяжелейших условиях (типичные последствия возвратно-поступательного движения лотка), что приводит к постоянному выходу из строя опорных подшипников, износу шестерен, большим нагрузкам на раму.

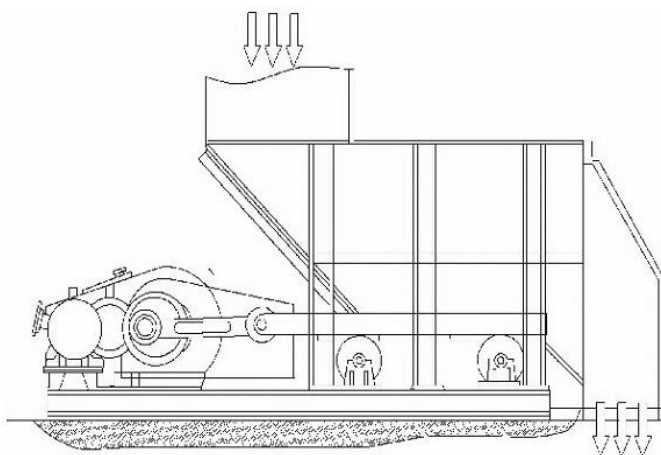


Рисунок 5 - Лотковый питатель с электромеханическим приводом

Предлагаемый лотковый питатель с пневмобаллонным приводом, показанный на рис.6, состоит из лотка 1, привода 2, соединительных тяг 3, рамы питателя 4. Привод в свою очередь состоит из двух силовых гибких оболочек 5 и 6, сварной конструкции 7, передвигающейся на роликоопорах 8. оси 9 и рамы привода 10.

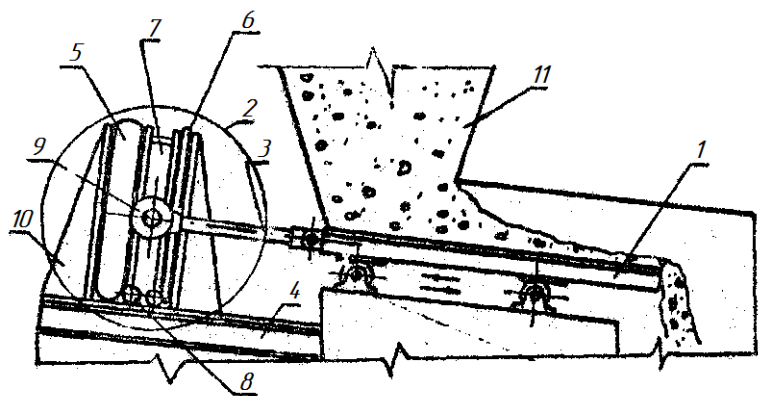


Рисунок 6 - Принципиальная схема лоткового питателя с пневмобаллонным приводом

Работа лоткового питателя осуществляется следующим образом. Сжатый воздух из пневмомагистрали попеременно подается в силовые гибкие оболочки 5 и 6, которые отталкиваясь от стенок рамы привода 10, перемещают с заданным шагом сварную конструкцию 7 в горизонтальной плоскости. Посредством оси 9 и соединительных тяг 3 это движение передается на лоток 1, вследствие чего сыпучий материал 11 попадает на ленточный конвейер.

Регулировка производительности лоткового питателя может осуществляться двумя способами: изменением шага передвижки или частотой движения. Установка нескольких пар конечных выключателей позволит в автоматическом режиме осуществлять перемещение лотка с заданным ходом с помощью соединения электрической цепи через определенную пару концевиков. Частота движения контролируется с помощью электродресселя через который сжатый воздух подается из пневмомагистрали в силовые гибкие оболочки. Изменение проходного отверстия дресселя позволяет регулировать время наполнения оболочек.

1.4.5 Пневмобаллонный привод речного классификатора

Другим примером применения пневмобаллонного привода может служить установка силовых гибких оболочек в качестве приводных элементов речного классификатора, которые заменяют не только электропривод, но и сложную систему рычагов и тяг.

Принципиальная схема речного классификатора с пневмобаллонным приводом приведена на рис.7. Классификатор состоит из корыта 1| установленного под углом к горизонтали, рейки 2, гофрированных силовых оболочек 3 и 4, размещенных на 2-осных тележках и связанных (на подъем) скобами 7 а рейкой 2; спаренных оболочек 5 и 6, закрепленных на передней стенке корыта 1 и шарнирно-соединенных тягами 8 с рейкой 2.

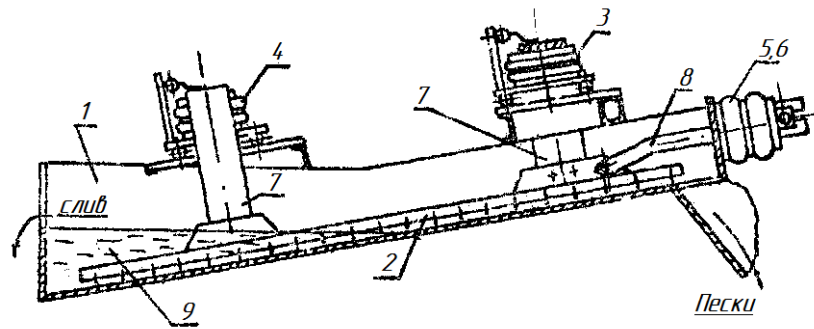


Рисунок 7 - Принципиальная схема речного классификатора с пневмобаллонным приводом

Работа классификатора осуществляется следующим образом. В исходном положении рейка расположена в нижней части корыта, а ее гребки погружены в пульпу 9. Из пневмомагистрали сжатый воздух подается в силовые оболочки 5 и 6, при этом рейка движется вверх, захватывая гребками осевшую крупную фракцию (пески). В момент, когда рейка 2 достигает крайнего верхнего положения, сжатый воздух подается в силовые оболочки 3 и 4, и рейка поднимается. После этого воздух выпускается из оболочек 5 и 6, рейка под действием силы тяжести возвращается в исходное положение.

В настоящее время при участии авторов данной статьи разработана конструкторская документация на речной классификатор и лотковый питатель с пневмобаллонным приводами и ведутся работы по внедрению в условиях ПО "Балхашмедь".

2 Расчетно-конструкторская часть

2.1 Описание предлагаемого варианта пневмобаллонного привода

Одним из наиболее эффективных и безопасных приводов машин и механизмов, применяемых в горной и металлургической промышленности, является пневматический привод, имеющий ряд существенных преимуществ перед электрическим и гидравлическим.

Пневматический привод лучше, чем другие виды привода, приспособлены к эксплуатации в особо тяжелых условиях эксплуатации, когда во время рабочего цикла машины возможны частое реверсирование, внезапные остановки, резкие колебания внешней нагрузки, сопровождаемые динамическими ударами и вибрацией. Эта способность пневматического привода является весьма существенной в его оценке как технически наиболее целесообразного вида привода для применения его в машинах, используемых в металлургическом переделе. Кроме того, пневматический привод в ряде случаев является наиболее целесообразным для автоматизации производственных процессов, так как обеспечивает простоту и гибкость автоматических систем управления и регулирования даже весьма сложных перемещениях исполнительных органов машин и механизмов.

В связи с повышенной стоимостью энергии сжатого воздуха следует отметить, что благодаря преимуществам пневмопривода, в ряде случаев находящимся вне конкуренции, положительный эффект от применения значительно превосходит энергетические затраты. В ряде отраслей отечественной и зарубежной промышленности пневматическая энергия все больше вытесняет другие виды энергии.

Поэтому было принято решение использовать в качестве вспомогательного привода храповый механизм с использованием толкающего усилия пневмобаллонов. Для проверки возможностей вспомогательного привода пневмобаллонного типа с прерывистым (пошаговым) циклом движения в составе привода лабораторной мельницы с противоположной стороны главного привода был установлен вариант привода этого типа (рис.8)

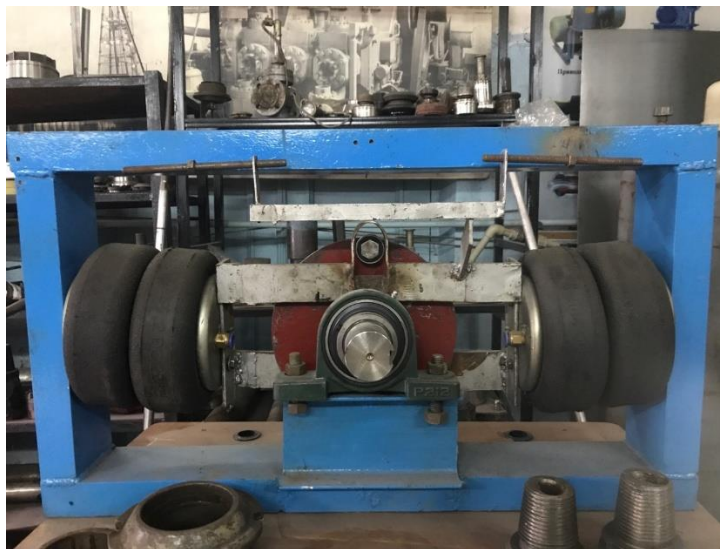


Рисунок 8 - Пневматический пневмобаллонный привод

Конструкция пневмобаллонного привода следующий:

Привод состоит из пневматических баллонов 1,2 упирающихся в пространственную раму 3, храпового механизма 4, кронштейнов толкателей 5,6 и блока управления 7. (рис.9)

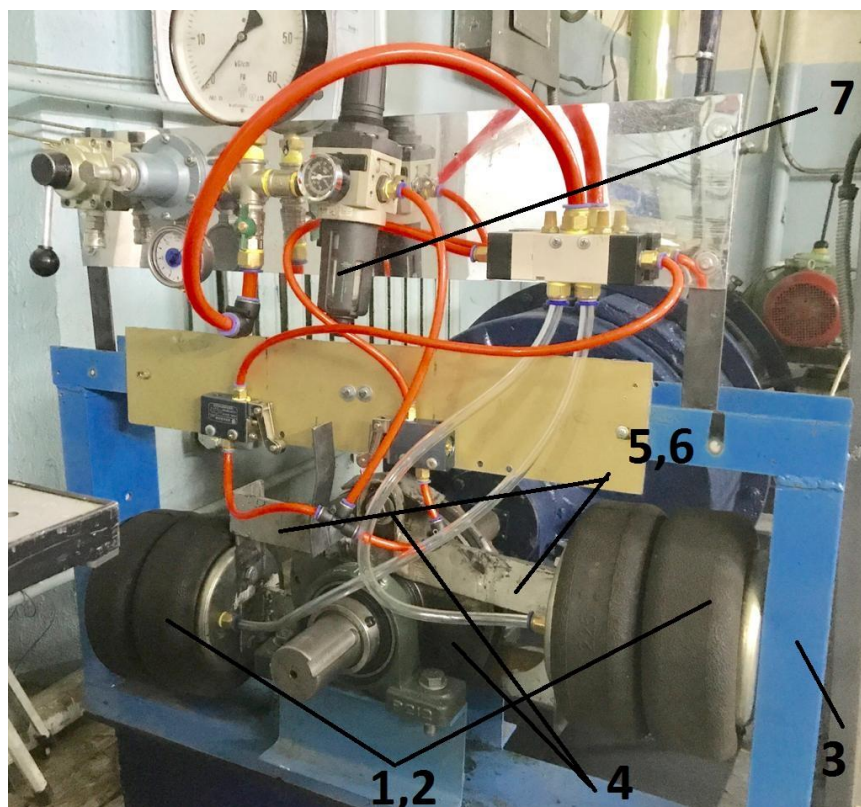


Рисунок 9 – Предлагаемый пневмобаллонный привод

Дальнейший анализ и исследования показали возможность применения пневматических баллонов в качестве пуско-вспомогательного привода и

пневмоподпора барабанных мельниц. Привода рассчитывались на давление 0,4... 0,5 МПа т.е рабочее давление в цеховых пневмомагистралях. В качестве рабочего элемента предлагалось использовать пневматические баллоны серии И02 ТУ 38 10496 - 80 (диаметр опорной части $\varnothing=200$ мм, раздвижностью $\delta=0...200$ мм.) и толкающим усилием до 15,5 кН. (рис.10)



Рисунок 10 - Пневматический пневмобаллон

Для того, чтобы преобразовывать возвратно-поступательное движение в движение прерывистое вращательное, имеющее одно направление было принято использовать храповый механизм (рисунок 11).

Отличительной особенностью храповых механизмов является то, что они позволяют производить изменение величины периодических перемещений рабочих частей станков и машин различного назначения, причём в весьма широком диапазоне и достаточно тонко.

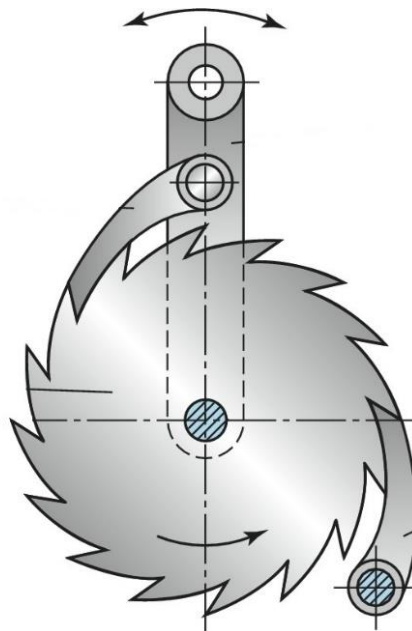
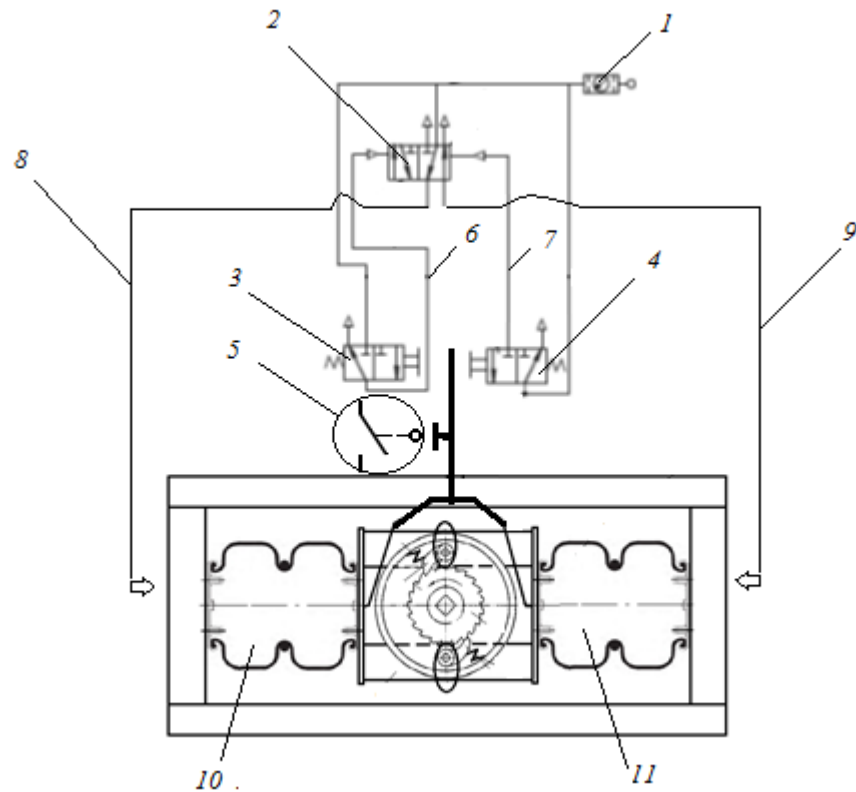


Рисунок 11 - Храповый механизм

2.2 Описание системы управления

Для управления пневмобаллонным приводом была разработана принципиальная схема управления, позволяющая работать в автоматическом режиме (рис.12).



- 1- блок управления подачей воздуха (кран управления подачей воздуха, редуктор, манометры, влагоотдалитель); 2 - воздухораспределитель золотниковый; 3,4 – пневмовыключатели конечные; 5 – выключатель конечный из электрической схемы управления двигателем; 6,7,8,9 – трубопроводы напорные; 10,11 – пневматические баллоны.

Рисунок 12 - Принципиальная схема управления

Система работает следующим образом:

- воздух из пневмомагистрали либо из ресивера компрессорной установки подается на блок управления подачей воздуха 1, в котором он снижается до установленного предела (редуцированием), из него удаляется влага и запирается краном;

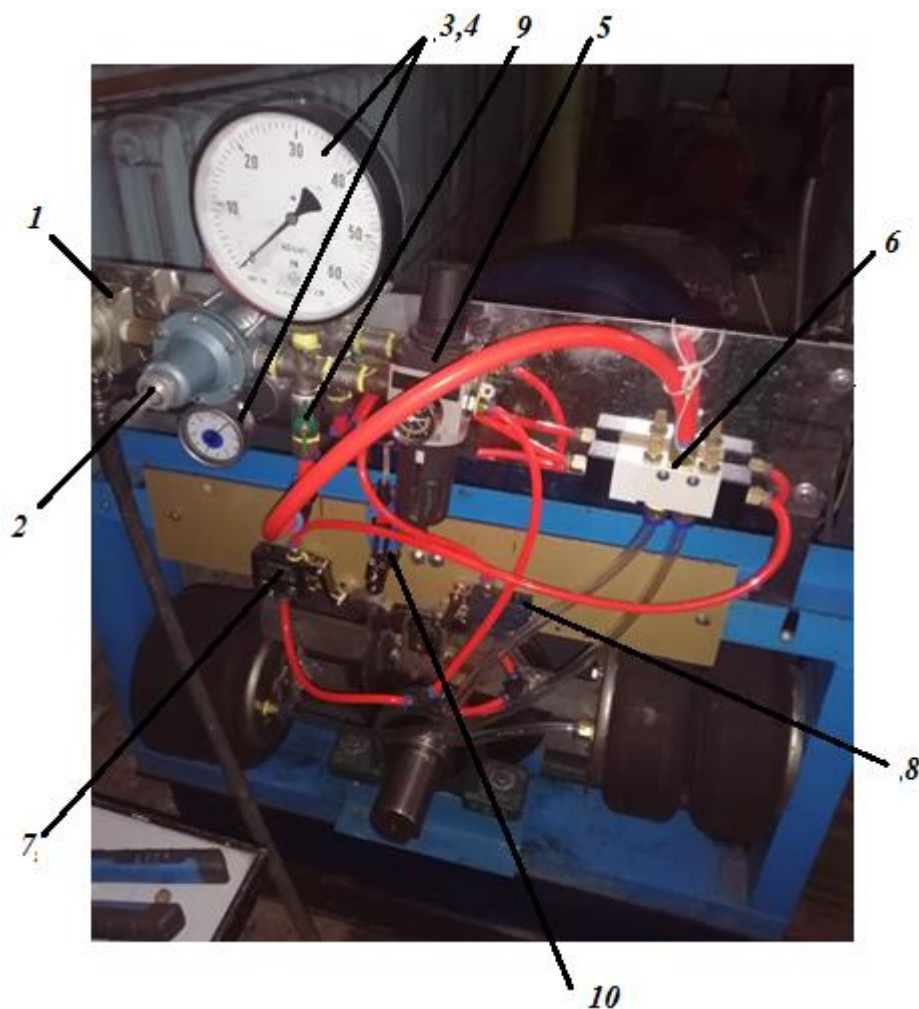
- при повороте запорного крана воздух начинает нагнетаться в баллон 11 и по мере его наполнения он толкает кронштейн, который приводит в движение левый диск с собачкой, введенной в зацепление с зубьями храпового колеса. Последний соединенный с цапфой барабана посредством соединительной муфты начинает движение;

- по мере достижения упором закрепленного на кронштейне конечного пневмовыключателя 3 он открывает канал для подачи воздуха в торец золотникового пневмораспределителя 2, тем самым переключая подачу воздуха в баллон 11 и выпуская воздух из баллона 10. Кронштейн, закрепленный на

торце баллона приводит в движение правый диск с собачкой тем самым подхватывая вращение храпового колеса, а значит и вращение барабана:

- по мере достижения полной раздвижки баллона 11 и включения в работу конечного пневмовыключателя 4 процессы наддува повторяются. Происходит хоть и цикличное, но вращение барабана. В таком режиме привод будет использоваться для работ, связанных с перефутеровкой барабана (порядной укладки футеровочных плит шириной до 1м.

На рисунке 13 показана поэлементная схема управления работой привода.



1 – кран управления подачей воздуха; 2 – редуктор; 3,4 – манометры; 5 – влагоотдалитель; 6 –воздухораспределитель золотниковый; 7,8 – пневматические конечные выключатели; 9 – кран подачи воздуха в баллоны; 10 – выключатель концевой me-8108.

Рисунок 13 - Поэлементная система управления пневмобаллонным приводом



а)



б)



в)



г)



д)

а-пневматический переключатель, б- пневмораспределитель золотниковый, в- влаго-масло-отделитель, г- редуктор пневматический РДП-4, д- пневмовыключатель конечный
Рисунок 14 –Элементная база панели управления

2.3 Расчёт параметров и конструктивных элементов привода

2.3.1 Расчет параметров храпового механизма

Исходные данные:

- требуемый угол поворота храпового колеса.

Для определения требуемого угла поворота храпового колеса за один ход, примем во внимание, что в качестве приводного устройства (толкателя) предполагается использовать пневматический баллон серии И-02 ТУ 38 10496 –

80 (диаметр опорной части $\varnothing=200$ мм, ходом $\delta=0\dots200$ мм.), работающих при давлении до 0,5 МПа (5 атм.), т.е. возможна запитка от цеховой пневмомагистрали.

Число ходов пневмопривода для проворота храпового колеса (дискового вала) на 1 оборот

$$n = \frac{2\pi \cdot R_{x.k.}}{\delta} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 500}{200} \approx 16. \quad (2.1)$$

Откуда требуемый угол поворота за один ход пневмобаллона

$$\alpha^* = \frac{360}{n} = \frac{360}{16} \approx 22,5^\circ. \quad (2.2)$$

Передаваемый крутящий момент на валу храпового колеса, $M_{кр} = 23382,8$ Н·м.

Модуль храпового колеса для наружного зацепления, мм.

$$m = 1,75 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{z \cdot \psi \cdot [\sigma_u]}} = 1,75 \cdot \sqrt[3]{\frac{23,382}{16 \cdot 3 \cdot 80}} = 0,32 \text{ мм}. \quad (2.3)$$

где $M_{кр}$ - крутящий момент на валу дискового вала вакуум-фильтра, 23382,8 Н·м;

ψ - отношение ширины колеса к модулю

Принимая во внимание, что $\psi = \frac{b}{m}$, в соответствии с таблицей 12 стр.783 [5] – для сталей марок 35Л и 45Л рекомендуется $\psi = 1,5\dots4,0$, допускаемое линейное давление $q = 300$ Н/мм., допускаемое напряжение изгиба $[\sigma_u] = 80$ МПа., откуда модуль может быть принят равным

$$m = \frac{b}{\psi} = \frac{100}{4} = 25 \text{ мм}. \quad (2.4)$$

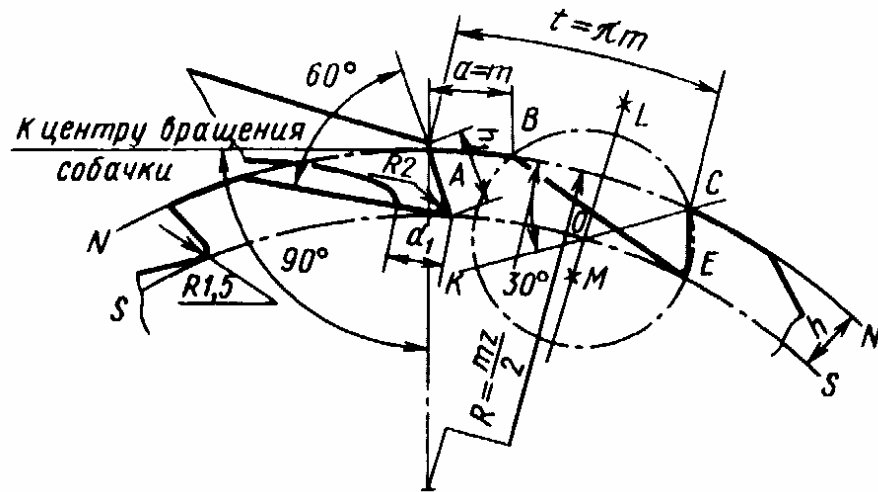


Рисунок 15 - К расчету параметров храпового зацепления

В соответствии с нормальным рядом чисел примем $m = 24$ мм.
 Т.о. параметры храпового зацепления могут быть следующими:
 - шаг:

$$t = \pi \cdot m = 3,14 \cdot 24 = 78,5 \text{ мм.} \quad (2.5)$$

- принимая во внимание, что диаметр начальной окружности:

$$2R = D_{н.о.} = m \cdot z = 1000 \text{ мм.} \quad (2.6)$$

- число зубьев должно быть следующим:

$$z = \frac{D_{н.о.}}{m} = \frac{1000}{24} = 41,6 \quad (2.7)$$

Примем $z = 42$.

Откуда диаметр начальной окружности храпового колеса должен быть равен:

$$D_{н.о.} = z \cdot m = 42 \cdot 24 = 1008 \text{ мм.} \quad (2.8)$$

Высота зуба: $h = m = 24$ мм.

Ширина храпового колеса принята равной $b = 100$ мм.

Параметры элементов храпового зацепления:

- храповика: $t = 78,5$; $h = 24$ мм.;

- собачки: $h_1 = 20$ мм., $a_1 = 14$ мм.

Ширина штока с собачкой $b_1 = 100$ мм.

Напряжение в опасном сечении $a-b$ или $c-d$ собачки (рисунок 16)

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W} + \frac{P}{F} = \frac{927,86}{54 \cdot 10^{-6}} + \frac{46392,86}{0,090 \cdot 0,060} = 180,37 \cdot 10^6 \text{ Н} = 25,77 \text{ МПа} < [\sigma_u] = 80 \text{ МПа} \quad (2.9)$$

где P – окружная сила,

$$P = \frac{2M_{кр}}{m \cdot z} = \frac{2 \cdot 23382,8}{0,024 \cdot 42} = 46392,86 \text{ Н.} \quad (2.10)$$

Изгибающий момент

$$M_u = P \cdot l = 46392,86 \cdot 0,020 = 927,86 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.11)$$

$$W = \frac{b_1 \cdot x^2}{6} = \frac{100 \cdot 60^2}{6} = 54000 \text{ мм}^3 = 54 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3. \quad (2.12)$$

Диаметр оси собачки в сечении I-I:

$$d = \sqrt[3]{\frac{P}{0,1 \cdot [\sigma_u]} \cdot \frac{b_2}{2}} = \sqrt[3]{\frac{46392,86}{0,1 \cdot 80} \cdot \frac{90}{2}} = 61,3 \text{ мм.} = 62 \text{ мм.} \quad (2.13)$$

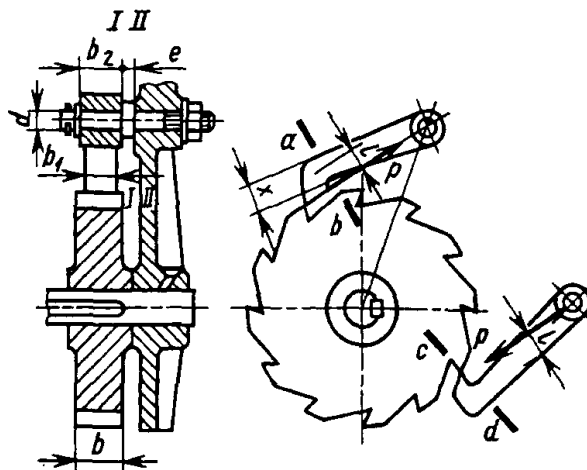


Рисунок 16 - Схема к расчету храпового механизма

2.3.2 Расчет толкающего усилия баллона



Рисунок 17 - Общий вид баллона

$$P = S \cdot p = 0,031 \cdot 5 \cdot 10^5 = 15500 \text{ Н} \approx 15,5 \text{ кН} \quad (2.14)$$

где S – площадь опорной поверхности баллона,

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} = 0,031 \text{ м}^2. \quad (2.15)$$

p - рабочее давление в пневмобаллоне, $0,5 \text{ МПа} = 5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$.
Общий момент сопротивления вращению дискового вала

$$M_{\Sigma} = M_1 + M_2 + M_3 = 2321,2 + 193,4 + 1350 = 3864,6 \text{ Н} \cdot \text{м} \approx 3,9 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (2.16)$$

Для преодоления этого сопротивления необходимо усилие

$$P = \frac{M_{кр}}{r_0} = \frac{3864,6}{0,54} = 7156,6 \text{ Н}. \quad (2.17)$$

Предлагаемый вариант пневмобаллонного привода с толкающим усилием 15,5 кН вполне может обеспечить работоспособность механизма мощностью в 5 кВт, но с малыми окружными скоростями.

2.3.3 Расчет параметров ресивера пневмосистемы

Основная функция ресивера обеспечение постоянства расходных параметров машин. Принимая во внимание объемные параметры пневмосистемы, выбираем ресивер В-2,0 ГОСТ9028-76 вместимостью 2 м^3 рассчитанного на избыточное давление не более 0,8 МПа.



Рисунок 18 - Ресивер пневмосистемы

Для проверки работоспособности системы с встроенным ресивером воспользуемся уравнением Бойля-Мариота

$$V_p \cdot P_p = V_p \cdot P'_p + (V + S \cdot l) \frac{P'_p + P_{\max}}{2} \quad (2.18)$$

Система работоспособна если давление в ресивере после заполнения оболочки не будет меньше, чем в системе, т.е. $P'_p \geq P_{\max}$

$$P'_p = \frac{V_p \cdot P_p - \frac{V + S l}{2} P_{\max}}{V_p + \frac{V + S l}{2}} \quad (2.19)$$

где P_p – давление в ресивере 0,6 МПа;

V_p – объем ресивера, 2 м³;

S – живое сечение магистралей подвода, 0,003 м² - для $d=0,01$ м;

l – длина магистрали от ресивера до оболочек, 2 м;

V – объем камеры оболочки.

$$P'_p = \frac{2 \cdot 0,6 - \frac{0,064 + 0,003 \cdot 2}{2} \cdot 0,5}{2 + \frac{0,064 + 0,003 \cdot 2}{2}} = 0,058 \text{ МПа.} \quad (2.20)$$

Таким образом, ресивер и давление в ресивере удовлетворяют условия работы.

3 Стенд для исследования параметров пневмобаллонного привода

3.1 Описание стенда

Для проверки идеи был разработан стенд, имитирующий технологическую машину с массивным ротором в нашем случае в виде барабана лабораторной мельницы (рис.19). Почему именно барабанной мельницы? В полости барабана можно загружать дополнительное утяжеление в виде сыпучих материалов, стальных шаров, свинцовых грузов увеличивающих инерционную и добавляющие вибрационную составляющие. Принимая во внимание достаточно большой крутящий момент, развиваемый нашим приводным устройством (будем в дальнейшем называть – импульсный толкатель) его, разместили с противоположной стороны от основного редукторного привода и подключили посредством упругой муфты, к которой присоединили удлиненную цапфу барабана, выведенную через торцевую крышку опорного узла (рисунок 20).



Рисунок 19 – Стенд на базе лабораторной барабанной мельницы



Рисунок 20 – Узел подключения пуско-вспомогательного привода

За основу станда была взята лабораторная двухкамерная мельница МШ 700x1000 (рисунок 21). Мельница представляет собой литой барабан разделённый перегородкой на две камеры опирающийся на подшипниковые опоры. В качестве приводного устройства (центрального) использован электромеханический редукторный привод с трёхфазный асинхронным электродвигателем переменного тока мощность 3 кВт., $n=1500$ мин-1 и т.д.



Рисунок 21 – Общий вид станда

4 Экспериментальная часть

4.1 Методика проведения экспериментальных исследований по определению динамических характеристик привода

Программа проверки работоспособности привода:

1) Запустив компрессор закачали в ресивер воздух до $p = 1,0\text{МПа}$;
2) Поворотом рычажка крана блока управления подачей воздуха нагнетается воздух в пневмобаллон, пневмобаллон раздвигаясь, толкает шток храпового механизма. Собачка установленная на оси закрепленной на пальце опорного диска и введенная в зацепление с зубьями храпового колеса за счет пружины сжатия подложенной под тыльную сторону собачки – проворачивают храповое колесо на величину хода баллона. Скорость толкания может быть весьма незначительной за относительно небольшого сечения рукавов от ресивера. За счет этого постепенно проворачивается барабан мельницы;

3) Изменяя положение конечных пневмовыключателей добиваемся постоянного ввода собачек в зацепление с зубьями храпового колеса при каждом ходе раздвижки баллонов.

На предварительном этапе стендовых испытаний для регистрации силы пускового тока в одну из фаз тракта питания электродвигателя главного привода врезали амперметр переменного тока (рисунок 22). Было выполнено несколько пусков главного привода без подключения пневмобаллонного привода. Среднее значение пускового тока составило 9А при рабочем токе 4,5 А.



Рисунок 22 – Показания амперметра пуска главного привода без вспомогательного привода

В программу основных стендовых испытаний включили два этапа: на первом – исследовали влияние точки размещения конечного выключателя на величину пускового тока, на втором – давление в системе.

Для реализации экспериментов по первому этапу на панели управления импульсного толкателя предусмотрели возможность смещения конечного выключателя от положения 1 к 2 (рисунок 23) с шагом 2 см. Но уже после

первых трех пусков заметили, что важен не только сам факт импульса с последующей подачей пускового тока на клеммы электродвигателя, но и то что пуск электродвигателя должны быть осуществлен только после нескольких циклов прокрутки барабана без подключения электрической схемы – только от работы импульсного толкателя в пошаговом режиме. Наибольшее снижение пускового тока наблюдали при размещении конечного выключателя буквально на первых сантиметрах от начала раздвижки правого баллона. Это мы объяснили тем, что при последующем наполнении баллона скажутся его упругие свойства – часть начального импульса будет погашена.

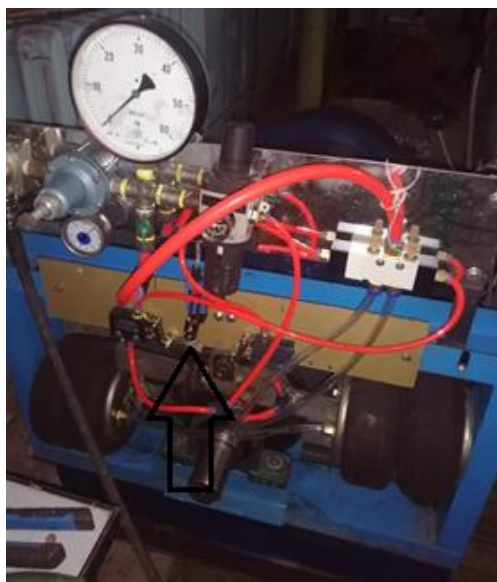


Рисунок 23 – К этапу определения влияния момента пуска главного привода

На втором этапе испытаний варьировали давление в пневмосистеме с шагом в 0,1 МПа. А начали замеры с давления в 0,1 МПа до 0,4 МПа. На ваттметрграммах мы увидим как повышение давления скажется на снижении пускового тока. Говорить о каком-то определенном давлении не приходится. Понятно, что чем больше будет это давление, тем эффективнее будет импульс движения. Возможно в системе нужно установить пневматический аккумулятор тогда и давление в системе будет выше того которое в цеховой пневмомагистрале, а оно обычно не превышает 0,35 МПа. В системе возможны утечки, а для технологических нужд (продувки, работы пневмоинструмента и т.д.) этого достаточно.

Важно!! Перед каждым пуском барабан должен находится в положении при котором самая тяжелая его часть – в нижней части. Для этого на одной ребер жесткости отметили белой полосой.

4.2 Аппаратурное оформление замеров пускового тока

Для более точных исследований и контроля параметров было принято решение использовать переносной прибор "Баланс-СК2" (рис.24). Для удобства практического применения прибора в нем использован небольшой графический экран, имеющий разрешение 32 на 122 точки, что вполне достаточно для просмотра на экране ваттметрграмм, зарегистрированных в процессе балансировки станков-качалок. Такой визуальный анализ формы ваттметрграммы позволяет подготовленному пользователю проводить диагностику состояния штангового насоса и поиск дефектов по форме сигналов непосредственно на месте. В приборе предусмотрена память для хранения 60 ваттметрграмм. Сохраненные данные можно переписать в компьютер при помощи встроенного в прибор ИК порта (опция прибора).



Рисунок 24 – Балансировочное устройство "Баланс-СК2"

Таблица 4.1 - Технические характеристики Баланс-СК2

Диапазон токов электродвигателя	До 100А
Диапазон фазных напряжений	До 660В
Длительность одного цикла станка, сек	До 300
Разрешение графического экрана, точек	16 * 112
Интерфейс для связи с ПК	USB
Подключение переносного принтера	Да
Температура эксплуатации	от -40 до +50°С
Габаритные комплекта, в упаковке, мм	310x280x150
Масса прибора, кг	не более 5,0

Для замера пусковых токов на фазных линиях электродвигателя используются штатные провода входящие в комплект устройства. Провод

имеющим штекер маркированный красным цветом вставляем в соответствующее гнездо на передней панели прибора, второй конец провода с зажимом типа «крокодил» защелкиваем на клемме одной из фаз на пускателе (выбор фазы не имеет значение). Второй провод имеющий штекер черного цвета вставляем в гнездо на передней панели прибора с таким же цветом, а другой его конец имеющий токовые клещи одеваем на тот же фазовый провод на котром зафиксирован первый провод (рис.25). На корпусе токовых клещей специальным флажком устанавливаем диапазон измеряемого пускового тока (100 А).



Рисунок 25 – К схеме подключения Баланс-СК2

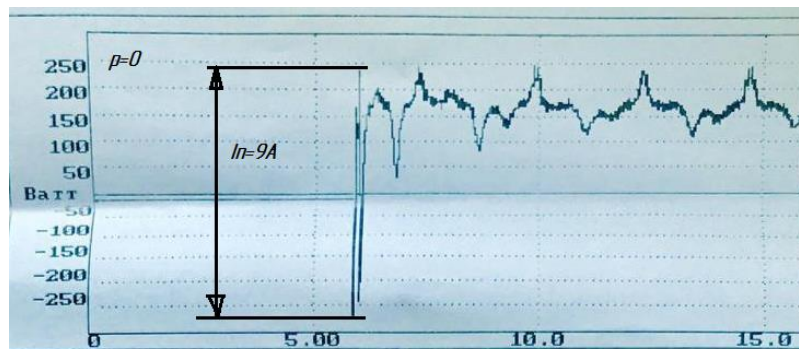
После запуска кнопкой старт при регистрации ваттметрграммы необходимо нажимать кнопку "выбор" в момент когда самая тяжелая часть мельницы (определяется по звуковой составляющей) находится в верхней мертвой точке это необходимо для расчёта коэффициента небаланса. Для остановки необходимо нажать стоп, после чего прибор автоматически сделать расчёт небаланса барабна мельницы. Но самое главное ваттметрграммы позволят визуально или инструментально сравнивать характер изменения токовой составляющей. Ваттметрграммы можно распечатать на месте проведения работ переносным термопринтером, входящим в комплект поставки.

4.3 Результаты стендовых исследований (ваттметрграммы с комментариями)

Для получения полной картины влияния давления в пневмосистеме на пусковые токи в пневмосистему поэтапно подавали воздух под давлением от 0,1МПа до 0,5 МПа. После чего с помощью прибор "Баланс-СК2" начали получать ваттметрgramмы.

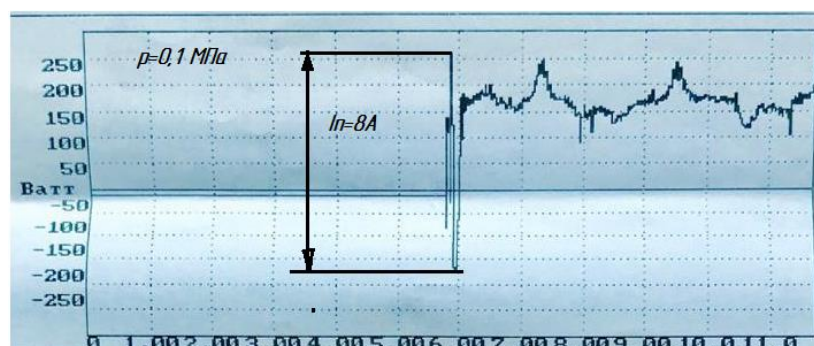
Данные замеров пускового тока:

- Без включения пуско-вспомогательного устройства

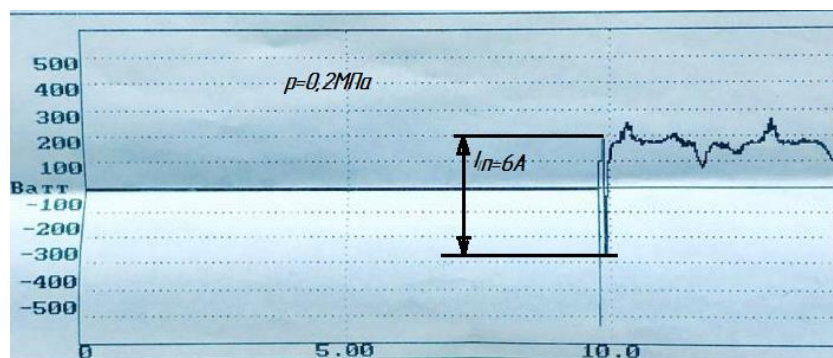


При давлении в пневмосистеме пуско-вспомогательного устройства соответственно:

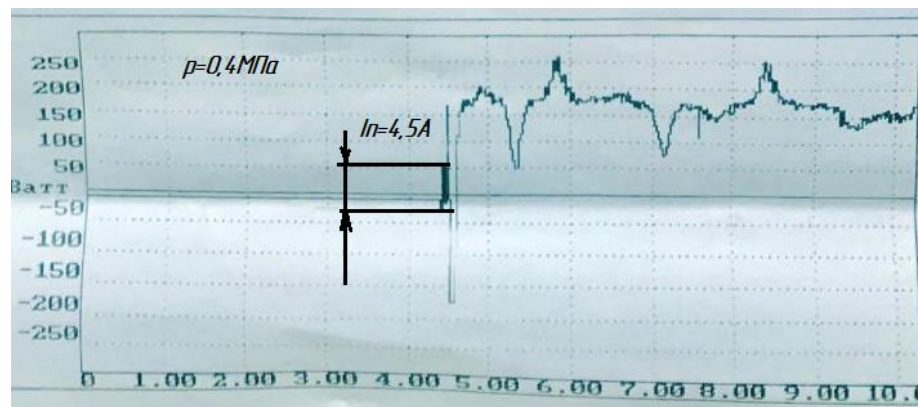
- 0,1 МПа, $I_{п}=8A$



- 0,2 МПа, $I_{п}=6A$



- 0,4МПа, $I_{п}=5,5A$



Для визуализации эффекта от работы пуско-вспомогательного привода построили совмещенный график (рисунок 26) изменения пускового тока от давления в пневмосистеме пуско-вспомогательного привода.

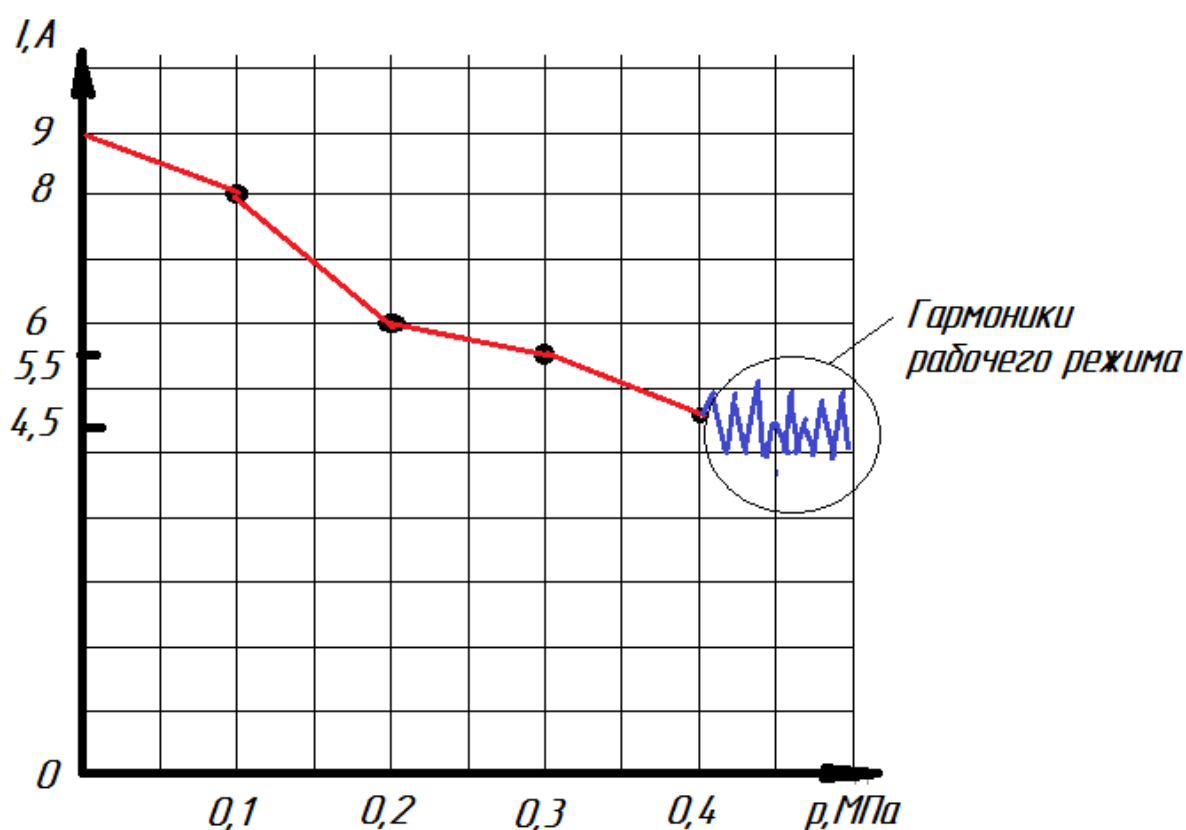


Рисунок 26 – Совмещенный график изменения пусковых токов от давления в пневмосистеме пневмобаллонного привода.

При давлении в пневмосистеме 0,4 МПа пусковые токи снизились почти до рабочих. Но появились вопросы связанные с определением момента запуска главного двигателя и расходными показателями в пневмосистеме

5 Перспективы применения пневмобаллонного привода в качестве пуско-вспомогательного устройства барабанных мельниц

На предприятиях горно-металлургического комплекса эксплуатируется значительное число технологических машин с тяжелым ротором: барабанные мельницы, сушильные печи, конвертеры, миксеры и т.д.

Из-за их большой инерционной массы наиболее неблагоприятными их режимами в эксплуатации являются пусковые режимы, на которых наблюдается многократное превышение нагрузок на пусковые устройства, что чревато снижением их ресурса, частыми отказами и необходимостью их ремонта.

Для предотвращения неблагоприятных режимов пуска тяжелого роторного оборудования в эксплуатации предпочитают их не останавливать даже при отсутствии сырья, поэтому они длительное время работают без загрузки «вхолостую». Расход электроэнергии в таком режиме непродуктивной работы может в течение нескольких лет превысить десятки миллионов тенге или стать сопоставимой со стоимостью новой мельницы.

При больших мощностях приводов шаровой рудоразмельной мельницы (к примеру- МШР, мощностью электропривода от 400 кВт и более) или мельниц самоизмельчения (ММС, мощностью электродвигателя 2000 кВт и более) с низкими оборотами (13 мин⁻¹ или немного более) конструкция двигателя достигает огромных размеров. Пусковые токи их электроприводов могут в несколько раз превышать номинальные, в нормальном устойчивом режиме работы. Из-за большой инерционной массы ротора как самого электродвигателя, так и приводимого барабана мельницы, время пуска довольно значительное. На этих режимах наблюдаются значительные «просадки» напряжения в питающей сети, что сказывается на продолжительности пуска и на надежности работы остального электрического оборудования, питающейся от этой сети. Пусковые режимы электроприводов мельниц с нагревом обмоток существенно снижают ресурс их работы и становятся частой причиной отказов.

Если учесть, что на крупных горно-обогатительных предприятиях (ГОКах) количество подобных мельниц достигает многих десятков штук, то легко себе представить проблемы с питающей сетью на предприятии и общую стоимость ремонтов приводов мельниц (синхронного электродвигателя, элементов открытой зубчатой передачи), вызванных прямыми пусками.

В тоже время для тяжелых машин, привода которых работают в повторно-кратковременном режиме эти проблемы даже усугубляются и последствиями, которые могут привести к простоям всей технологической цепочки (отказ привода конвертера, миксера и другого плавильного оборудования в момент слива металла может привести к остыванию металла и полному выходу из строя).

Решение данной проблемы видится в оптимизации пусковых режимов с использованием оригинальных вспомогательных устройств с большим крутящим моментом, которые позволят кратно снизить нагрузку на основные

штатные приводные устройства тяжелого роторного оборудования на пусковых режимах. Эти же вспомогательные пусковые устройства могут применяться для обеспечения проворота барабана с малым числом оборотов при проведении ремонтных работ и перефутеровках. Предстартовое включение таких вспомогательных устройств позволит компенсировать люфт и снизить ударные нагрузки в зацеплениях механических передач тяжелых машин для старта их основного пускового электропривода, что также повысит их надежность и продлит срок службы.

Эксплуатационная надежность мельничных агрегатов, которые являются основным оборудованием в технологической цепочке, существенно зависит от самых затратных и трудоемких операций по ремонту и перефутеровочных работах. Зачастую замена футеровки при проведении ППР определяет время простоя всей технологической секции. При этом барабан мельницы проворачивают, чтобы работы по укладке плит можно было вести в нижней его части. Для проворачивания барабана мельницы часто применяют краны, лебедки или специальные передвижные или стационарные приводы, предназначенным для поворота барабана во время ремонтных работ. При этом остро стоит вопрос сокращения времени простоя при перефутеровке, что сказывается на увеличении КПД (коэффициента полноты движения), а значит и роста производства. Использование хоть и простого такелажного оборудования существенно усложняет технологические переходы ремонта.

И первом и во втором случае ключом решения проблем может стать пусковое вспомогательное устройство, которое позволит существенно снизить пусковые токи, простои при перефутеровке, выбрать зазоры в передачах и др.

При этом и пусковые режимы и пуск вспомогательное устройство должны быть:

- оптимальными и простыми в конструктивном отношении;
- реализуемыми в условиях действующего предприятия;
- безопасными и экологичными;
- энергоэффективными и унифицированными.

Т.о. можно выделить следующие проблемы, на решение которых будут направлены исследования в рамках данного проекта:

- мониторинг, анализ и оптимизация пусковых режимов приводов роторного оборудования с повышенной инерционной массой;
- разработка простого по конструкции пускового вспомогательного устройства с возможностью встраивания в состав типового привода и учитывающего особенности основного оборудования.

Предпосылками к дальнейшим работам являются наработки ППР кафедры, направленные на внедрение в практику модернизации горно-металлургического оборудования пневматических баллонов и резинокордовых оболочек в качестве приводного органа (получено 4 патента на различные варианты пневматического привода с храповым механизмом и обгонной муфтой). Результаты исследований этих приводов показали их высокие силовые возможности при относительно небольших геометрических параметрах, расходных характеристиках и пилообразном режиме работы.

Действующий макет на базе клиновых камерных систем с площадью опорной поверхности $0,5 \text{ м}^2$ при давлении в цеховой пневмомагистральной $0,35 \text{ МПа}$ способен развивать крутящий момент на приводном валу приводной шестерни до $105 \text{ кН}\cdot\text{м}$, при том, что момент сопротивления вращению типовой барабанной мельницы МШР 2800х4400 приведенный к валу приводной шестерни составляет $26,9 \text{ кН}\cdot\text{м}$. Таким образом для приведения в движение барабана мельницы будет достаточно $0,15 \text{ МПа}$. При том, что основной элемент привода (клиновые камеры) могут быть изготовлены силами производственного персонала из транспортной ленты, а приводной вал, лопасти и опорные элементы силами механического цеха. Точность изготовления не превышает 6 класса.

Значительная часть научных исследований, проводимых в последние годы в мире, в основном были направлены на более широкое применение возможностей частотно-регулируемого привода (ЧРП), оптимизацию параметров пуска /5...6/ и модернизацию вспомогательного электромеханического привода /8...16/. Анализ предлагаемых технических решений показал их высокую актуальность, но сложность системы частотного управления и экспоненциальный закон, которому подчинены отказы элементов такого рода приводов ограничивают область их применения на небольших рудообогатительных предприятиях. Но обязательно стоит обратить внимание на то, что преобразователи частоты в РК не производятся, а использование ЧРП зарубежного производства, например фирмы «Данфосс» (Дания) предполагает привлечение специалистов этой компании для установки и последующей эксплуатации. К тому же большинство применяемых рудоразмельных мельниц не укомплектованы вспомогательным приводом. Модернизация же стандартного электромеханического привода может не оправдать вложений.

В перспективе ППС кафедры будет предложена конструкция вспомогательного пускового устройства, отличающаяся простотой конструктивного исполнения и возможностью изготовления силами ремонтно-механической базы (РМБ) предприятия. И в отличие от уже известных вспомогательных приводов в нашем пуско-вспомогательном устройстве будет использована энергия сжатого воздуха. Во всех цехах горно-металлургических предприятий имеется разводка магистралей со сжатым воздухом, что облегчает процесс внедрения ПВУ.

Реализация этих решений позволит расширить область применения подобного рода устройств для таких технологических машин как трубчатые печи, конвертеры и миксеры, рабочие клетки прокатных станов, конвейерные системы большой протяженности и др. Как показала практика резинокордовым оболочкам отводилась роль подъемных, демпфирующих и поддерживающих элементов. Даже серийные пневматические баллоны для систем демпфирования грузовых автомобилей закупаются либо в РФ и дальнем зарубежье. Стоимость клиновых подушек используемых в департаменте ЧС достигает сотен тысяч тг. Потребность в резинокордовых оболочках различных типоразмеров подтолкнет к их серийному производству малым и частным бизнесом.

Результаты внедрения вариаций вспомогательных пусковых устройств в состав приводов тяжелых технологических машин позволит включить их в рекомендательный ряд технических мероприятий при проектировании и конструировании технологических машин. На базе нашего пуско-вспомогательного устройства могут быть разработаны привода технологических машин ориентированных формирование больших крутящих моментов и весьма тихоходных. Для реализации этих параметров на базе стандартных зубчатых передач потребуется несколько редукторов и различного вида передач, при этом общий к.п.д. существенно уменьшится. Мы понимаем, что стоимость компримированного воздуха дороже электрической энергии, но большие крутящие моменты, простота конструктивного исполнения, дешевизна материалов и средний класс точности изготовления компонентов привода существенно компенсируют эти недостатки.

Опыт и методики, разработанные в процессе выполнения НИР, повысит конкурентоспособность научных организаций в частности КазНИТУ им.К.И.Сатпаева в области использования резинокордовых оболочек в различных сферах применения. Экономический эффект будет получен за счет экономии электроэнергии и зависеть от масштабов внедрения а также расходов связанных с ремонтом синхронных электродвигателей и восстановления автоматизированной системы управления. Стоимость ремонта ротора типового синхронного двигателя 4СДМ-1250К-24-3УХЛ4 в среднем составляет около 10 млн.тг, а статора более 1,5 млн.тг. Т.о. экономический эффект от исключения из статей расходов капитального ремонта 1-го синхронного двигателя может составить до 15 млн.тг., а их например на ПО Балхашцветем медно-молибденовой обогатительной фабрике не менее 30 штук

Анализ НИР проведенных в РК оказал, что работы по оптимизации пусковых режимов барабанных мельниц, не говоря о точном определении полезной мощности мельниц с учетом условий их использования на конкретных предприятиях - фактически не проводились. Из-за этого обычно выбираемый запас мощности может достигать 20-30%, а иногда и больше. Экономия электроэнергии за счет оптимизации пусковых режимов и установке двигателей с оптимальной полезной мощностью не менее 6 млн.тг./год на одну мельницу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Полупромышленные испытания показали, что эксперименты на стенде с макетом барабанной мельницы при различных давлениях в пневмосистеме доказали актуальность использования пуско-вспомогательного устройства в составе главного привода.

2. Показано, что предложенный пневматический привод с использованием пневматических баллонов серии И02 ТУ 38 10496 - 80 вполне может обеспечить существенное снижение пусковых токов даже при давлении в пневмосистеме 0,35 МПа.

Оценка полноты решения поставленных задач. Все поставленные в данной работе задачи выполнены в полном объеме.

Разработка рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию полученных результатов. Результаты данной магистерской работы были использованы для разработки ТЗ (технического задания) на разработку и модернизацию пуско-вспомогательного устройства в составе главного привода.

Оценка технико-экономической эффективности внедрения. Предварительная оценка себестоимости модернизации существующих приводов показала, что она не будет незначительной. На базе представленного пневматического камерного привода можно будет модернизировать существующие привода и проектировать новые, а также наладить контрактное производство на машиностроительных предприятиях РК и малым бизнесом. Решение проблемы не будет дорогим и трудозатратным. В среднем стандартный привод состоящий из электродвигателя и редуктора обходится в 500...600 тыс.тенге. Наш привод будет стоит не более 350 тыс.тенге..

Оценка научно-технического уровня выполненной работы. Научно-технический уровень выполненной научно-исследовательской работы соответствует требованиям ранее согласованной ТЗ на УПМ.

Термины и определения

Пневматический привод (пневмопривод) - совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение машин и механизмов посредством энергии сжатого воздуха.

Испытательный стенд - исследовательское оборудование, предназначенное для различных приемочных, контрольных, специальных испытаний технических и механических объектов.

Баллон - камеры, подушки и подкладки из резины или прорезиненной ткани, наполняемые газом под давлением несколько выше атмосферного; служат амортизационными устройствами.

Панель управления - рабочий инструмент оператора. Панель управления — устройство предназначенное для управления всеми процессами даноого пневмотического привода.

Резинокорд- текстильный корд, обрешиненный сырой резиновой смесью.

Компрессор - устройство для сжатия воздуха.

Гибкий силовой элемент - гибкий элемент системы (достаточной длины и прочности).

Храповый механизм - зубчатый механизм прерывистого движения, предназначенный для преобразования возвратно-вращательного движения в прерывистое вращательное движение в одном направлении.

Собачка - деталь храпового механизма.

Золотниковый воздухораспределитель - устройство для изменения направления и перекрытия потоков сжатого воздуха в пневмосистемах различного назначения.

Раздвижность силового элемента - перемещение выдвигной части относительно корпуса или выдвигание (вывинчивание) распорного элемента.

Условные обозначения

$N_{расч}$ – расчетная мощность привода, кВт;

$N_{уст}$ – установочная мощность двигателя, кВт;

M – крутящий момент, Н·м.;

P – толкающее усилие, Н.

$\varnothing_{у,цех}$ – условный проход цеховой пневмомагистрали, мм.;

$\varnothing_{у,лаб}$ – условный проход лабораторной пневмомагистрали, мм.;

t – модуль храпового колеса, мм.

η – коэффициент полезного действия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Степанович Г.Я. Шахтные пневматические крепи. - Киев.: Техника, 1981. - 158 с
- 2 Разработка и внедрение механизированного комплекса на базе безразгрузочной крепи из мягких оболочек со струговой установкой для выемки угля из пластов мощностью $0,4 \div 0,75$ м без постоянного присутствия людей в забое: Отчет о НИР/ ИГД им. А.А.Скочинского: Науч.рук. Ш.Г.Гамсахурдия. – 0113701104; -Инв.№02840080818. - Люберцы, 1984. - 88 с.
- 3 Исследовать возможность применения длинномерных оболочек в качестве несущих элементов механизированных пневматических крепей: Отчет о НИР/ДонУГИ; Науч.рук. Н.А.Николенц. -2212007000; - Инв.№ 01820073148. - Донецк, 1982. - 80 с.
- 4 Опыт применения технологии управления кровлей пневматическими крепями: Обзор информ./Н.А.Николенко, М.Б.Розенталь, П.Я.Гродзивский. - М., 1989. - 37 с: ил. - (Добыча угля подземным способом:Обзоры по основным направлениям развития отрасли/ЦНИЭИуголь; Вып.II). - Библиогр.: 12 назв.
- 5 Либерман Б.Д. Расчет параметров беспоршневых объемных пневмодвигателей на стадии проектирования //Надежность и оптимизация параметров горных машин. Сб. научн.тр./ ИГД им.А.А. Скочинского. М.: 1987. - с. 83-92,
- 6 Исследование режимов работы пневмомеханических силовых модулей/ Ю.Д.Красников, А.В.Чижиков, Б.А.Анферов, В.Г.Шафаренко //Комплексная механизация производственных процессов при подземной добыче угля. Сб. научн.стр. ИГД им.А.А.Скочинского. - М., 1987. - с. II-III.
- 7 Красников Ю.Д., Чижиков А.В., Шафаренко В.Г. Экспериментальные исследования пневмомеханического силового модуля//Теория и технология подъемно-транспортных машин: Сб.научн.тр./ КазПТИ им. В.И.Денина, - Алма-Ата, 1987. - с. 106-112.
- 8 Красников Ю.Д., Чижиков А.В., Шафаренко В.Г. Методика выбора параметров функционирования пневмомеханического силового модуля// Горная механика, рудничный транспорт, техническое обслуживание и ремонт. Сб. научн.тр./ИГД им.А.А. Скочинского. - М.: 1988. - с. 75-83.
- 9 Иманкулов А.А., Бейсенов Б.С., Елемесов К.К. Некоторые аспекты применения силовых гибких оболочек с возвратно-поступательным движением в приводах металлургических машин /Материалы международной научно-практической конференции «Подготовка инженерных кадров в контексте глобальных вызовов XXI века», II том, С 354-358/ .2013.
- 10 Иманкулов А.А., Бейсенов Б.С., Сарыбаев Е.Е. «Исследования возможностей силовых гибких оболочек с возвратно-поступательным движением в приводах с вращательным движением рабочего органа металлургических машин» Алматы, КазНТУ им. К.И.Сатпаева «Сатпаевские чтения».2014.
- 11 Иманкулов А.А., Бейсенов Б.С., Елемесов К.К., Курманалиев М.Б. «Некоторые аспекты применения силовых гибких оболочек с возвратно-

поступательным движением в приводах металлургических машин» Алматы, КазНТУ им. К.И.Сатпаева «Сатпаевские чтения», 2013 г.

12 Ярмоленко Г.З. Пневматический привод горных машин. Изд-во «Недра», 1967. 162с.

13 Курсовое проектирование Деталей машин. С.А. Чернавский, К.Н. Боков, М.:Машиностроение, 1987.416с.

14 Курсовое проектирование Деталей машин. Учебное пособие для учащихся машиностроительных специальностей (Чернавский С.А., Боков К.Н., Черпин И.М., Козинцов В.А.) – М.: Металлургия, 1987. – 414 с.

15 Бейсенов Б.С., Сарыбаев Е.Е., Курманалиев М.Б., Иманкулов А.А. Реверсивный храповой привод. Патент № 86618 Оpubл.21.02.14.

16 Бейсенов Б.С., Сарыбаев Е.Е. Пневматический привод возвратно-поступательного действия. Патент № 99205. Оpubл.31.08.17 Бюл.№16.

17 Бейсенов Б.С., Сейіт С.Ж., Сарыбаев Е.Е. Тихоходный пневмокамерный привод технологических машин. –Алматы Вестник КазНТУ им.К.И.Сатпаева №2 2018 г.

Приложение А

УДК 691.342

Д. Х. Хайруллаев, Б.С. Бейсенов, Е.Е.Сарыбаев

Научный руководитель-Б. С. Бейсенов, канд.тех.наук, ассоц.профессор кафедры «Технологических машин, транспорта и логистики».

Satbayev University, Қазақстан, г. Алматы

daniyarkaz1@gmail.com

Разработка и исследование параметров пневмобаллонного привода с прерывистым (пошаговым) циклом движения в качестве вспомогательного привода барабанных мельниц

Аннотация

В данной статье представлены результаты предварительных исследований по использованию пневмобаллонного варианта привода с прерывистым циклом движения в качестве вспомогательного привода лабораторной барабанной мельницы. Показан положительный эффект от работы предложенного привода в виде снижения пусковых токов на 24% уже при 0,3МПа давления в пневмосистеме.

Ключевые слова: пневмобаллонный, привод, барабанная, мельница, вспомогательный, пуск, ток.

На предприятиях горно-металлургического комплекса эксплуатируется значительное число технологических машин с тяжелым ротором: барабанные мельницы, сушильные печи, конвертеры, миксеры и т.д. Из-за их большой инерционной массы наиболее неблагоприятными их режимами в эксплуатации являются пусковые режимы, на которых наблюдается многократное превышение нагрузок на пусковые устройства, что чревато снижением их ресурса, частыми отказами и необходимостью их ремонта.

Для предотвращения неблагоприятных режимов пуска тяжелого роторного оборудования в эксплуатации предпочитают их не останавливать даже при отсутствии сырья, поэтому они длительное время работают без загрузки «вхолостую». Расход электроэнергии в таком режиме непродуктивной работы может в течение нескольких лет превысить десятки миллионов тенге или стать сопоставимым со стоимостью новой мельницы.

При больших мощностях приводов шаровой рудоразмельной мельницы (к примеру-МШР, мощностью электропривода от 400 кВт и более) или мельниц самоизмельчения (ММС, мощностью электродвигателя 2000 кВт и более) с низкими оборотами (13 мин⁻¹ или немного более) конструкция двигателя достигает огромных размеров. Пусковые токи их электроприводов могут в несколько раз превышать номинальные, в нормальном устойчивом режиме работы. Из-за большой инерционной массы ротора как самого электродвигателя, так и приводимого барабана мельницы, время пуска довольно значительное. На этих режимах наблюдаются значительные «просадки» напряжения в питающей сети, что сказывается на продолжительности пуска и на надежности работы остального электрического оборудования, питающейся от этой сети. Пусковые режимы электроприводов мельниц с нагревом обмоток существенно снижают ресурс их работы и становятся частой причиной отказов.

Если учесть, что на крупных горно-обогатительных предприятиях (ГОКах) количество подобных мельниц достигает многих десятков штук, то легко себе представить проблемы с питающей сетью на предприятии и общую стоимость ремонтов приводов мельниц (синхронного электродвигателя, элементов открытой зубчатой передачи), вызванных прямыми пусками /1-4/.

В тоже время для тяжелых машин, привода которых работают в повторно-кратковременном режиме эти проблемы даже усугубляются и последствиями, которые могут привести к простоям всей технологической цепочки (отказ привода конвертера, миксера и другого плавильного оборудования в момент слива металла может привести к остыванию металла и полному выходу из строя).

Решение данной проблемы видится в оптимизации пусковых режимов с использованием оригинальных вспомогательных устройств с большим крутящим моментом, которые позволяткратно снизить нагрузку на основные штатные приводные устройства тяжелого роторного оборудования на пусковых режимах. Эти же вспомогательные пусковые устройства могут применяться для обеспечения поворота барабана с малым числом оборотов при проведении ремонтных работ и перефутеровках. Предстартовое включение таких вспомогательных устройств позволит компенсировать люфт и снизить ударные нагрузки в зацеплениях механических передач тяжелых машин для старта их основного пускового электропривода, что также повысит их надежность и продлит срок службы.

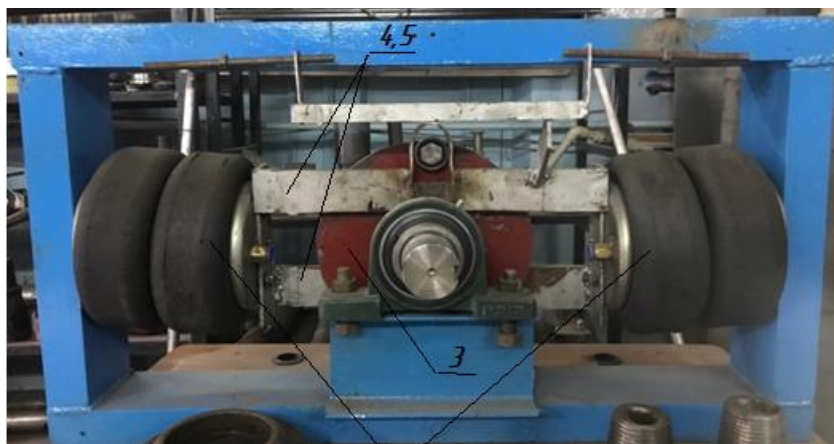
С 2005 годов на кафедре «Технологические машины и оборудование» велись разработка и исследование различных вариантов конструкций пневмобаллонного привода с непрерывным и пошаговым циклами движения /1-5/, которые позволяют решать эти проблемы не только с экономической, но и экологической стороны. Пневматический привод лучше других приводов, особенно приспособлен для работы в тяжелых условиях, где часто происходят реверс, резкие остановки, резкие колебания внешней нагрузки, динамические удары и вибрации во время рабочего цикла машины. Эта способность пневматического привода имеет решающее значение при оценке его как технически более подходящего типа привода для использования в машинах, используемых в металлургической отрасли. Кроме того, пневматический привод в некоторых случаях является наиболее подходящим для вспомогательных производственных процессов, так как обеспечивает простоту и гибкость систем управления и даже очень сложное движение исполнительных органов машины и механизмов.

Для проверки возможностей вспомогательного привода пневмобаллонного типа с прерывистым (пошаговым) циклом движения в составе привода лабораторной мельницы с противоположной стороны главного привода был установлен вариант привода этого типа (рис.1)



Рисунок 1 – Общий вид стенда для исследования возможностей пневмобаллонного вспомогательного привода

На конструкцию этого привода, приведенной на рисунке 2, получено авторское свидетельство /2/. Использование его для ремонтных работ в пошаговом режиме не вызывает сомнений, а для выяснения каким образом его работа скажется на пусковых токах были проведены исследования.



1,2 – пневматические баллоны серии И-02; 3 – храповый блок; 4,5 – кронштейны толкателей

Рисунок 2 - Пневматический пневмобаллонный привод (условно блок пневмоуправления не показан)

Для регистрации силы тока в одну из фаз тракта питания электродвигателя главного привода врезали амперметр переменного тока. Принимая во внимание пилообразный режим работы этого привода обусловленный наличие переходной фазы в момент переключения надува одного баллонов на другой пришлось визуально ловить этот момент. Но ожидания оправдались – пусковой ток снизился с 9А до 7А (>20%) и это при номинальном давлении в пневмосистеме – 0,3МПа (рисунок 3). Т.е при повышении давления, а это приведет более быстрому надуву эффект снижения пускового тока будет более явным.



а)



б)

а – пуск без вспомогательного привода б – пуск с вспомогательным приводом

Рисунок 3 – Показания амперметра врезанного в одну из фаз трехфазного ввода питания главного эл.двигателя

Литература

1 Тихоходный привод на базе пневмобаллонов. Л.А.Крупник, К. К. Елемесов, Б.С.Бейсенов, Е.Е.Сарыбаев. Горный журнал №10, 2018г. Язык: русский. Номер: 10. Год: 2018 Страницы: 40-43.МРНТИ: 55.03.43

2 Инновационного патент №99205 «Пневматический привод возвратно-поступательного действия», 2017.

3 Вестник КазНТУ №5, 2014. С.103-109, Исследование возможностей силовых гибких оболочек с возвратно-поступательным движением в приводах с вращательным движением рабочего органа металлургических машин», Бейсенов Б.С., Иманкулов А., Сарыбаев Е.Е., Ерланулы Ж.

4 Вестник КазНТУ №2, 2017, Универсальный пневматический модуль для тихоходных технологических машин, Әдиат К.С., Бейсенов Б.С.

Хайруллаев Д.Х, Бейсенов Б.С., Сарыбаев Е.Е. Барабанды диірменнің қосалқы жетегі ретінде қозғалыс циклы үзілісті (қадыммен) пневмобаллонды жетектің параметрлерін таңдау және зерттеу

Аңдатпа.

Бұл мақалада зертханалық барабанды диірменнің қосалқы жетегі ретінде қозғалыс циклы үзілісті пневмобаллонды жетекті қосалқы іске қосу жетегі ретінде пайдалану бойынша жүргізілген алдын ала зерттеулердің нәтижелері көрсетілген. Ұсынылып отырған жетек жұмысының оң әсері пневможүйедегі қысымның шамасы 0,3 МПа тең болған жағдайда іске қосу тоғының шамасы 14% төмендеуі әсері түрінде көрсетілген.

Кілт сөздер: пневматикалық, жетек, барабанды, диірмен, қосалқы, іске қосу, тоқ.

D. H. Knaurullaev, B.S. Baisenov, Y.Y. Sarybayev. Development and study of the parameters of a pneumatic actuator with an intermittent (step-by-step) cycle of motion as auxiliary drive of drum mills.

Annotation

This article presents the results of preliminary studies on the use of a pneumatic cylinder version of the drive with an intermittent cycle of movement as an auxiliary drive of a laboratory drum mill. The positive effect of the proposed drive is shown in the form of a reduction in starting currents by 14% already at 0.3 MPa of pressure in the pneumatic system

Keywords: pneumatic, drive, drum, mill, auxiliary, start, current.

РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию
(наименование вида работы)

Хайруллаева Данияра Хайруллаулы
(Ф.И.О. обучающегося)

7M07111 – Цифровая инженерия машин и оборудования
(шифр и наименование специальности)

На тему: Разработка и исследование параметров пневмобаллонного привода с прерывистым (пошаговым) циклом движения в качестве вспомогательного привода барабанных мельниц.

Выполнено:

- а) презентация на _____ слайдах
б) пояснительная записка на 57 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

1.В материалах диссертации автор уделил достаточно много внимания пневмобаллонным приводам, но в качестве пускового его варианта. Но вопрос стоял о его использовании также и в качестве вспомогательного – т.е привода для выполнения таких операций как проворот для укладки футеровки и подтяжки крепежа. Были нужны расчеты связанные с этими операциями, в частности расчеты параметров циклов движения в этот период.

2.Автору нужно иметь в виду, что в качестве основного двигателя используется синхронный двигатель. Возникает вопрос – а синхронный двигатель можно запускать от одного конечного выключателя.

3.При расчете ресивера автор не учел, что для пуска недостаточно заполнения одного баллона. Т.е давления в ресивере 0,6 МПа будет явно недостаточно. Наверное нужен пневмоаккумулятор.

Оценка работы

Магистерская диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к магистерским работам и установленным требованиям к ее оформлению и заслуживает оценки 90 баллов, а его автор - Хайруллаев Данияр Хайруллаулы - присвоения квалификации «Магистр технических наук»



А.Турдалиев

2021 г.

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на _____ магистерскую диссертацию _____

(наименование вида работы)

_____ Хайруллаева Данияра Хайруллаулы _____

(Ф.И.О. обучающегося)

Направление подготовки 7М07111 – Цифровая инженерия машин и оборудования

(шифр и наименование специальности)

Тема: «Разработка и исследование параметров пневмобаллонного привода с прерывистым (пошаговым) циклом движения»

1. Актуальность темы диссертации.

Комплексное решение вопросов совершенствования современных приводов требует особого внимания к проектированию и реализации механических преобразователей движения. В настоящее время усиливается тенденция к упрощению механических устройств технологического оборудования и к использованию иных источников энергии, кроме электрической. Новые средства механизации с пневмобаллонным приводом обладают целым рядом технических преимуществ по сравнению с традиционными электромеханическими. В сочетании с храповыми механизмами свободного хода они могут существенно повысить надежность технологических машин с тяжелым ротором к которым относятся барабанные мельницы, облегчить вспомогательные работы и т.д.

2. Цели и задачи магистерского проекта не только правильно сформулированы, но и решены и достигнуты.

На базе аналитического обзора автор:

- обосновал необходимость более широкого применения пневмобаллонных приводов в составе технологических машин;

- принял активное участие в разработке стенда для исследования параметров пневмобаллонного привода в качестве пока пускового устройства;

- разобрался с аппаратурным оформлением экспериментов;

- корректно провел стендовые испытания;

4. Магистрант способен провести эксперимент, исследования, научный анализ, имеет навыки в проектной и практической деятельности.

5. Выводы и рекомендации магистранта в полной мере отражают основные положения представленной диссертации и могут быть практически реализованы при модернизации широкого круга действующего оборудования.

6. Магистерский проект соответствует требованиям, предъявляемым к магистерским работам и установленным требованиям к ее оформлению и может быть «Допущен» к защите.

Научный руководитель

_____ Асоц.проф., к.т.н. _____

(должность, уч. степень, звание)

 _____ Бейсенов Б.С.

(подпись)

«18» _____ 06 _____ 2021 г.

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на _____ магистерскую диссертацию _____
(наименование вида работы)
_____ Хайруллаева Данияра Хайруллаулы _____
(Ф.И.О. обучающегося)

Направление подготовки 7М07111 – Цифровая инженерия машин и оборудования
(шифр и наименование специальности)

Тема: «Разработка и исследование параметров пневмобаллонного привода с прерывистым (пошаговым) циклом движения»

1. Актуальность темы диссертации.

Комплексное решение вопросов совершенствования современных приводов требует особого внимания к проектированию и реализации механических преобразователей движения. В настоящее время усиливается тенденция к упрощению механических устройств технологического оборудования и к использованию иных источников энергии, кроме электрической. Новые средства механизации с пневмобаллонным приводом обладают целым рядом технических преимуществ по сравнению с традиционными электромеханическими. В сочетании с храповыми механизмами свободного хода они могут существенно повысить надежность технологических машин с тяжелым ротором к которым относятся барабанные мельницы, облегчить вспомогательные работы и т.д.

2. Цели и задачи магистерского проекта не только правильно сформулированы, но и решены и достигнуты.

На базе аналитического обзора автор:

- обосновал необходимость более широкого применения пневмобаллонных приводов в составе технологических машин;
- принял активное участие в разработке стенда для исследования параметров пневмобаллонного привода в качестве пока пускового устройства;
- разобрался с аппаратурным оформлением экспериментов;
- корректно провел стендовые испытания;

4. Магистрант способен провести эксперимент, исследования, научный анализ, имеет навыки в проектной и практической деятельности.

5. Выводы и рекомендации магистранта в полной мере отражают основные положения представленной диссертации и могут быть практически реализованы при модернизации широкого круга действующего оборудования.

6. Магистерский проект соответствует требованиям, предъявляемым к магистерским работам и установленным требованиям к ее оформлению и может быть «Допущен» к защите.

Научный руководитель

_____ Асоц.проф., к.т.н. _____

(должность, уч. степень, звание)

 _____ Бейсенов Б.С.

(подпись)

«18» _____ 06 _____ 2021 г.

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

Работа документируется к защите.



10.06.2021

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Хайруллаев Данияр Хайруллаулы

Название: «Разработка и исследование параметров пневмобаллонного привода с прерывистым (пошаговым) циклом движения в качестве вспомогательного привода барабанных мельниц»

Координатор: Бауржан Бейсенов

Коэффициент подобия 1: 1.7

Коэффициент подобия 2: 0.7

Замена букв: 9

Интервалы: 0

Микропробелы: 8

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

Работа выполнена самостоятельно с элементами использования
незначительные заимствования в основном из трудов
Н. руководителем
.../8.06.2021...

Дата



Подпись Научного руководителя