

## ОТЗЫВ

**зарубежного научного консультанта Зотов Василия Владимировича на диссертационную работу Сарыбаева Ержана Ергалыевича «Исследование и разработка инвариантных камерных пневмо-приводов технологических машин», представленную на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07110 – Цифровая инженерия машин и оборудования**

**Актуальность темы диссертации и ее связь с общенаучными и общегосударственными программами**

Шаровые мельницы являются главным технологическим оборудованием обогатительных фабрик. Для привода шаровых мельниц наиболее широко распространены электроприводы с синхронными двигателями частотой вращения 150-200 об/мин и мощностью до 6 МВт. Коэффициент полезного действия современных синхронных двигателей достигает значения 96-98%.

Из-за особенностей конструкции синхронного электродвигателя его пуск сопровождается резким повышением крутящего момента и пускового тока, что создает ряд проблем при эксплуатации электродвигателей, в том числе по ограничению пусковых токов при запуске. На протяжении многих лет для решения этой задачи применительно к шаровым мельницам были разработаны несколько методов, к наиболее эффективным из которых можно отнести применение инвариантных камерных пневмо-приводов в качестве пуско-вспомогательных приводов.

Главную задачу, которую должен решить пуско-вспомогательный привод – создать силовой импульс для преодоления сил трения покоя и выбор зазоров в зубчатых зацеплениях на этапе пуска. Одним из способов решения этой задачи может быть применение пуско-вспомогательного пневматического привода в составе штатных электромеханических приводов шаровых мельниц. При этом пуско-вспомогательный пневматический привод призван повысить надежность и энергоэффективность штатного привода и кратно снизить пусковые токи за счет создания стартового импульса с последующим включением в работу основного привода в определенной точке траектории

движения приводного элемента. К преимуществам такого решения относятся: простота конструкции, высокая надежность и относительно малые габариты.

Расчет работы пуско-вспомогательного пневматического привода в производственных условиях достаточно сложен и требует учета множества факторов. Многообразие факторов, влияющих на процесс формирования пускового импульса обуславливает необходимость разработки методик расчета, требующих численного решения в условиях отсутствия нормативных документов, регламентирующих типы и параметры подобного рода систем.

Большинство методик расчета пуско-вспомогательного пневматического привода рассматривают частные случаи их применения и содержат большое количество эмпирических коэффициентов, ограничивающих их широкое применение.

В горной промышленности эксплуатируется значительное число технологических машин с тяжелым ротором. Неблагоприятные режимы работы, обусловленные большой инерционной массой, приводят к многократному превышению нагрузок на приводные устройства, что приводит к существенному снижению ресурса, частыми отказами и как следствие многократному увеличению эксплуатационных расходов.

Эксплуатационные расходы только на электроэнергию при неэффективной эксплуатации машин с тяжелым ротором в течение нескольких лет могут стать сопоставимой со стоимостью нового агрегата. Кроме того, на этих режимах продолжается интенсивный износ основных узлов, что приводит также и к снижению ресурса их работы.

В диссертации Сарыбаева Е. Е. представлены результаты разработки и исследования оригинальных пневматических устройств с большим крутящим моментом, конструкции которых хорошо вписываются в компоновку привода тяжелых роторных машин и позволяют повысить надежность работы их штатных приводов. Эти устройства могут стать приводом при проведении ремонтных работ на роторе (например, для поворота при осмотре состояния и

при техническом обслуживании и пр.), что может значительно сократить время ремонтно-восстановительных работ.

В связи с отмеченной выше особенностью работы пуско-вспомогательного устройства в тандеме со штатным приводом барабанной мельницы, тема диссертационной работы Сарыбаева Е.Е., направленная на решение важной научно-практической задачи по исследованию и разработке инвариантных камерных пневмо-приводов технологических машин на современном этапе развития науки и техники, является весьма актуальной.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Основные результаты диссертации обоснованы тем, что методологической базой проведенной научной работы являются аналитические и расчетно-экспериментальные исследования на основе фундаментальных законов прикладной механики и электротехники.

Необходимо отметить, что в качестве основных научных методов использовались: математическое моделирование с применением прикладных компьютерных программ и сравнение их результатов с результатами стендовых экспериментальных исследований на натуральных образцах пуско-вспомогательных пневматических устройств.

Достоверность исследований подтверждена экспериментально, а при проведении стендовых экспериментов применялись современные приборы и измерительные средства, прошедшие метрологическую аттестацию и предварительную тарировку с аттестованными приборами.

Новизна, обоснованность и достоверность полученных в работе результатов подтверждается достаточным количеством публикаций в рецензируемых журналах международного уровня с высокими квартилями и двумя патентами РК на изобретение, а также запросом ОАО «Алматинский завод тяжелого машиностроения» на совместные НИР для внедрения результатов диссертации в производство.

## **Новизна исследований и полученных результатов**

Экспериментальными исследованиями установлено, что применение пуско-вспомогательных пневматических устройств в составе штатных приводов в отличие от электромеханических позволяет в два раза снизить пусковые токи (вплоть до номинальных – в установившемся режиме) и тем самым существенно повысить их надежность.

Автором разработана оригинальная методика оценки влияния точки пуска главного привода на траектории раздвижки пневматической камерной системы пуско-вспомогательного устройства позволяющая максимально снизить пусковые токи.

Расчетно-экспериментальными исследованиями установлены параметры пневматического аккумулятора (ресивера) для дооснащения пуско-вспомогательного устройства в условиях пониженного давления в цеховых пневматических магистралях и даже при ее отсутствии.

Теоретически и экспериментально подтверждена практическая возможность повышения эффективности применения пуско-вспомогательных пневматических устройств для оснащения стандартных приводов технологических машин с тяжелым ротором.

Автором разработаны практические рекомендации по проектированию пуско-вспомогательных пневматических устройств применительно к технологическим машинам с тяжелым ротором для горной промышленности.

## **5. Оценка внутреннего единства полученных результатов**

Результаты теоретических и экспериментальных исследований обладают внутренним единством, так как посвящены достижению единой цели - разработке и исследованию инвариантных пневматических приводов технологических машин.

Полученные научные результаты, нацеленные на оценку рациональных конструктивных параметров и эффективных режимов работы пуско-вспомогательных пневматических устройств при совместной работе с штатным электроприводом для повышения его надежности и

энергоэффективности во время пусковых режимов, основываются на результатах теоретических и экспериментальных исследований, выполненных лично автором.

В работе выстроено внутреннее единство, прослеживается последовательность решаемых задач, материалы изложены системно, соблюдены принципы последовательности. Диссертация структурирована должным образом и соответствует требованиям, предъявляемым к диссертационным работам. Материал, представленный в диссертации, соответствуют поставленной автором цели и задачам исследования.

### **6. Характеристика докторанта**

Докторант Сарыбаев Е.Е. за время обучения в докторантуре зарекомендовал себя как работоспособный и творческий исследователь, способный определять и формулировать цель и задачи исследования. Полученные докторантом теоретические и практические результаты позволяют сделать вывод о способности глубоко осмысливать, анализировать предмет исследования и успешно применять методы решения поставленных задач, грамотно обрабатывать полученные научные результаты, используя современные методы обработки данных с применением компьютерной техники.

Докторант в период обучения и выполнения основных этапов исследования всегда был на связи с помощью электронной почты и мессенджеров, постоянно отчитывался о проделанной работе. Консультации по диссертации проводилась регулярно с применением видеоконференций на платформе ZOOM.

### **7. Заключение**

Диссертационная работа Сарыбаева Ержана Ергалыевича на тему «Исследование и разработка инвариантных камерных пневмо-приводов технологических машин», представленная к защите по специальности 8D07110 – Цифровая инженерия машин и оборудования, по актуальности темы, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендации,

научной новизне, практической значимости отвечает требованиям Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, предъявляемым к докторским диссертациям, и может быть представлена к защите на соискание ученой степени доктора философии PhD по специальности 8D07110 – Цифровая инженерия машин и оборудования.

Зарубежный научный консультант  
кандидат технических наук,  
заведующий кафедрой горного  
оборудования, транспорта и машиностроения  
Федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский  
технологический университет «МИСИС»

В.В. Зотов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024г.

Тел.: +7 499 230-25-38 e-mail: [zotov@misis.ru](mailto:zotov@misis.ru)

Адрес организации: 119049, Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1.  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Национальный исследовательский технологический  
университет «МИСИС», тел. +7 495 955-00-32; e-mail: [kancela@misis.ru](mailto:kancela@misis.ru); сайт:  
<https://misis.ru/>

ПОДПИСЬ \_\_\_\_\_ ЗАВЕРЯЮ \_\_\_\_\_  
Проректор по безопасности  
и общим вопросам  
НИТУ МИСИС \_\_\_\_\_ М. Исаев

