ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Залазинского Александра Георгиевича на диссертационную работу Леонтьева Александра Анатольевича на тему: «Обоснование рациональных параметров шахтных трубопроводных пневмоподъемных установок», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8 – «Геотехнология, горные машины»

Актуальность темы. Диссертация посвящена разработке математической модели трубопроводной пневмоподъёмной установки, которая рассматривается как следующий этап развития систем шахтного главного подъёма. Недостатки используемых в настоящее время канатных подъёмных установок, проявившиеся с увеличением глубины месторождений и повышением скорости проходческих и очистных работ, привели к выводу о необходимости поиска альтернативных способов шахтного подъема, обладающих более высокой удельной производительностью. В начале 1990-х годов была предложена конструкция скиповой пневмоподъёмной установки, реализующей перемещение гружёного скипа за счёт энергии сжатого воздуха, причём скип перемещался непосредственно по стволу, полностью перекрывая его сечение. Она была свободна от недостатков канатных установок, но имела собственные, препятствующие широкому применению. Следующим шагом развития пневмоподъёма стали более совершенные в конструктивном отношении трубопроводные установки. Однако выполнять достоверные проектировочные расчёты трубопроводного пневмоподъёма не представлялось возможным вследствие отсутствия соответствующей теоретической базы. Учитывая конструктивную привлекательность и прогнозируемые высокие эксплуатационные характеристики трубопроводной системы, следует считать исследование, направленное на обоснование её рациональных параметров на стадии проектирования, актуальной научно-технической задачей.

Научная новизна исследований заключается в следующем:

- предложена классификация трубопроводных ППУ по конструктивным признакам и установлено, что наименьшей материало- и энергоёмкостью обладает установка, выполненная по двухтрубной замкнутой схеме;

- выведены формулы для нахождения конструктивных и энергетических параметров скиповой пневмоподъемной установки замкнутой схемы; получено теоретическое описание теплообменных процессов в подъемном трубопроводе, позволяющее аналитически определить среднюю скорость гружёного сосуда; получены формулы, описывающие кинематику порожнего сосуда в спускном трубопроводе;

- определена зависимость давления в спускном трубопроводе под порожним сосудом от времени движения;

- получены формулы, позволяющие прогнозировать величину объёмного КПД установки в зависимости от расхода воздуха в трубопроводах и зазора в бесконтактных направляюще-уплотнительных устройствах.

Практическая значимость исследований:

- получены аналитические зависимости для определения основных конструктивных и энергетических характеристик трубопроводной пневмоподъёмной установки на стадии проектировочного расчёта;

- предложены конструкции трубопровода, загрузочной и разгрузочной станций, направленные на снижение аэродинамического сопротивления трубопровода и уменьшение времени рабочего цикла установки;

- предложены конструкции адаптивных уплотнений зазора между сосудом и стенкой трубопровода, характеризующихся повышенной долговечностью при ограничении утечки допустимым значением.

Достоверность основных научных положений, выводов и рекомендаций обеспечена корректным использованием положений аэро- и термодинамики, механики жидкости и газа, теоретической механики, методов математического и физического моделирования, теории подобия, апробированных методов экспериментальных исследований, теорий

вероятности и математической статистики и подтверждается удовлетворительной сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Реализация результатов исследований. Основные результаты исследований получили одобрение и переданы для использования в ОАО «УГМК» (заключение от 26.05.2021 г.). В заключении специалистов компании указано, что схемы и математическая модель ППУ представляют практический интерес, и после проектно-конструкторской проработки установка могут быть рассмотрены как вариант скипового подъема нового рудника.

Предполагается также включить результаты работы в учебный процесс кафедры технической механики ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет».

Краткая характеристика содержания диссертации. Диссертация Леонтьева А. А. состоит из введения, трёх глав, заключения, списка использованных источников и четырёх приложений.

Во *введении* обоснована актуальность исследований, поставлены их цели и задачи, представлены положения, выносимые на защиту, описаны методы исследований, обоснована научная и практическая значимость работы, описан личный вклад автора, реализация и апробация результатов.

В *первой главе* рассмотрен современный уровень развития шахтных скиповых подъемных установок и их недостатки в текущих условиях, описываются известные альтернативные способы шахтного подъема. Поиски альтернативных способов транспортирования ископаемого ведутся с конца прошлого века. В 1991 г. Ю. А. Николаевым была предложена схема пневмоподъёмной установки, которая, согласно расчёту, позволяет обеспечить производительность, недостижимую канатным подъёмом. Однако данная схема обладает рядом серьёзных недостатков, являющихся следствием того, что сосуд и направляюще-уплотнительные устройства перекрывают поперечное сечение ствола, причём многочисленные направляюще-

уплотнительные устройства обусловливают высокое аэродинамическое сопротивление трассы.

Во *второй главе* выполнено теоретическое исследование физических процессов в трубопроводной пневмоподъёмной установке, предложенной как альтернатива установки Ю. А. Николаева. Представлено принципиальное устройство пневмоподъёмной установки и её возможные варианты, дана классификация вариантов по числу трубопроводов и сосудов. Выявлен наиболее перспективный вариант в виде двухтрубной четырёхскиповой схемы. Разработана двухтрубная замкнутая схема с уравновешиванием массы порожнего сосуда. Получен ряд зависимостей, формирующих математическую модель шахтной пневмоподъёмной установки. Исследованы способы повышения объёмного КПД системы и выдвинута идея адаптивного уплотнения, обладающего способностью автоматического перехода из контактного в бесконтактное и наоборот под влиянием перепада давления.

Третья глава посвящена физическому моделированию. Результаты исследований физической модели показали, что объёмный КПД установки в номинальном режиме, равный 0,95, достижим при использовании бесконтактных уплотнений. Моделированием подтверждена возможность и целесообразность применения предложенной трубопроводной пневмоподъёмной установки в качестве средства главного шахтного подъёма.

В *заключении* Леонтьевым А. А. приведены выводы по выполненному исследованию.

В целом диссертация Леонтьева А. А. **является законченным исследованием, представляет решение актуальных задач**, объединенных общим подходом, обеспечивающим возможность определения рациональных параметров шахтной пневмоподъёмной установки на стадии проектирования.

Замечания и вопросы по работе.

1. В тексте диссертации указано, что шахтная трубопроводная пневмоподъёмная установка более эффективна, чем канатная, однако

отсутствуют сравнительные данные по капитальным и/или эксплуатационным затратам.

2. Предложенные А. А. Леонтьевым адаптивные уплотнения представляют собой идею, не подкреплённую конкретными сведениями в части их конструктивной реализации. Желательно знать, из каких материалов выполнены уплотнения, какие они имеют размеры, как связана величина зазора с перепадом давления и т. п.

3. Может ли способ разгона гружёного сосуда с рекуперацией энергии торможения порожнего сосуда быть реализован в системе с синхронным прибытием скипов на разгрузочную и загрузочную станции?

4. Во введении, разд. «Научная новизна», п. 2 фраза «получено теоретическое описание теплообменных процессов в подъемном трубопроводе, позволяющее аналитически определить среднюю скорость гружёного сосуда» приведена дважды.

5. В тексте используется большое количество специальных терминов и аббревиатур. В подобных случаях рекомендуется включать в содержание работы глоссарий, в диссертации же он отсутствует.

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования А. А. Леонтьева.

Общее заключение. По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, в том числе пять в журналах из списка ВАК, получен один патент на изобретение, подана одна заявка на авторское свидетельство на изобретение.

Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

Уровень решаемых задач соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук. Содержание диссертации соответствует специальности 2.8.8 – «Геотехнология, горные машины».

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Леонтьева Александра Анатольевича на тему «Обоснование рациональных параметров шахтных трубопроводных пневмоподъемных установок» соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней» постановления Правительства России № 842 от 24 сентября 2013 г., а её автор заслуживает присуждения искомой учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8 – «Геотехнология, горные машины».

Официальный оппонент:
доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник лаборатории
системного моделирования ФГБУН
«Институт машиноведения имени
Э.С. Горкунова Уральского отделения
Российской академии наук» _____ А. Г. Залазинский

Дата: _____ 20___ г.

Адрес: 620049, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Комсомольская, 34
ФГБУН «Институт машиноведения имени Э.С. Горкунова Уральского
отделения Российской академии наук»