



# АО «УРАЛМЕХАНОБР»

ИНН 6661000466 КПП 667101001  
Юридический адрес: 620063 Свердловская обл.,  
г. Екатеринбург ул. Хохрякова, 87  
почтовый адрес: 620063 г. Екатеринбург, ул. Хохрякова, 87  
тел: (343) 257-33-35  
многоканальный телефон (343) 344-27-42 \* 2000  
e-mail: umbr@umbr.ru, www.umbr.ru



«УТВЕРЖДАЮ»  
Генеральный директор  
АО «Уралмеханобр»,  
кандидат технических наук  
Константин Валерьевич Булатов

«25» апреля 2022 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**Акционерного Общества «Научно-исследовательский и проектный институт  
обогащения и механической обработки полезных ископаемых «Уралмеханобр»**

на диссертационную работу

**Шихова Андрея Михайловича**

**«ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА  
ВИБРОТРАНСПОРТИРУЮЩИХ МАШИН С**

**САМОСИНХРОНИЗИРУЮЩИМЯ ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЯМИ»**

**представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.05.06. Горные машины**

Диссертационное исследование Шихова Андрея Михайловича выполнено Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» и посвящено разработке и исследованию вибротранспортирующих машин с тремя вибровозбудителями.

**Актуальность проведенного научного исследования.** Широкое распространение различных вибротранспортирующих машин в горной и других отраслях промышленности определяет важность оптимизации их рабочего процесса. Разнообразие различных способов применения вибровозбудителей для решения задач транспортирования, классификации, уплотнения, дозирования материалов требует глубокого понимания взаимосвязи параметров их расположения и взаимовлияния создаваемых ими воздействия на рабочий орган агрегатов является основой для проектирования машин новых типов. Полученные модели при применении в имитационном моделировании позволяют более полно раскрыть динамику движения рабочего органа. Предложенная автором идея применения третьего вибровозбудителя для управления колебаниями в



Система менеджмента качества сертифицирована компанией TÜV NORD CERT  
в соответствии с требованиями ISO 9001:2015



переходных режимах может найти применение в некоторых случаях работы вибротранспортных машин и позволит интенсифицировать рабочий процесс и снизить загрузку на упругие связи и несущие конструкции ВТМ в пусковых режимах.

Разработанные условия, при которых по длине грохота наблюдается различие в скорости, позволяют получить эффект аналогичный просеивающим поверхностям типа «банан» и «антибанан» в одном агрегате.

В связи с этим, диссертационная работа Шихова Андрея Михайловича, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, посвященная повышению эффективности работы вибротранспортирующих машин путем установки нечетного количества вибровозбудителей, является актуальной.

**Содержание и структура диссертационного исследования.** Диссертационная работа Шихова Андрея Михайловича состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 158 наименований отечественных и зарубежных источников и содержит 144 страницы машинописного текста, 55 рисунков, 3 приложения.

**Во введении обоснована** актуальность темы исследования, перечислены цель и задачи, решаемые в диссертационной работе. Кратко сформулированы научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследования. Приводятся результаты и основные положения, выносимые на защиту. Раскрыта структура и объем диссертации.

**В первой главе,** являющейся обзором литературы по теме исследования, рассмотрены принцип действия и конструктивные особенности вибротранспортирующих машин и способов возбуждения линейных колебаний, приведен анализ математических моделей, используемых при расчете движения рабочего органа ВТМ. В конце обзора литературы сформулирована цель и поставлены задачи исследования.

**Во второй главе приведены** результаты теоретического исследования с помощью математической модели. Выполнен комплекс вычислительных экспериментов, направленных на установление взаимосвязи между параметрами непарного дебаланса и углом наклона траектории движения центра масс рабочего органа. Показано, что введение третьего дебаланса приводит к переходу траектории движения центра масс ВТМ от прямолинейной к эллиптической. Изменению параметров непарного дебаланса приводит к изменению соотношения большой и малой осей эллиптической траектории. Направление обхода эллипса при прочих равных условиях совпадает с направлением вращения непарного дебаланса. Установлено, что при сохранении эксцентрического момента угол не зависит от величин массы и радиуса инерции непарного дебаланса. При изменении положения непарного дебаланса также происходит изменение направления большей и меньшей осей эллиптической траектории. Таким образом, изменением положения и параметров непарного дебаланса возможно получение различных вариантов вибрации рабочего органа, что доказывает **первое научное положение.**



**В третьей главе** установлено, что при расположении третьего (непарного) дебаланса не на оси, проходящей через центр отрезка, соединяющего центры парных дебалансов, центр масс рабочей вибротранспортирующей машины смещен, а большая ось колебаний проходит в стороне от центра масс. В следствие этого возникает так называемый эффект «галопирования» рабочего органа, при котором разные точки рабочего органа движутся по разным траекториям. Однако, наличие третьего дебаланса позволяет сделать этот эффект предсказуемым и стабильным, что доказывает **второе научное положение**.

Обоснован метод снижения амплитуды колебаний рабочего органа при переходе через собственную частоту колебаний упругой системы. Результаты численных экспериментов по определению максимальной амплитуды центра масс при различной последовательности пуска двигателей, приводящих в движения вибраторы, показывают, что минимум такой амплитуды соответствует последовательному пуску каждого привода, что доказывает **третье научное положение**

Эффект перехода от линейных к эллиптическим колебаниям предложено использовать при модернизации грохотов, входящих в состав щебнеочистительной машины. На примере щебнеочистительной машина RM-80 UHR выполнена экономическая оценка внедрения третьего вибровозбудителя. В основу расчёта положена гипотеза о полном исключении забивания сита влажным фунтом. При этом производительность и точность разделения считаются неизменными и равными этим параметрам для не модернизированной машины сразу после очистки просеивающей поверхности. Ожидаемый эффект составил 28,6% от стоимости задержки поездов вызванной производством ремонтных работ.

**В четвертой главе** представлено описание и характеристики разработанного автором лабораторного стенда для экспериментального подтверждения полученных при математическом моделировании зависимостей – ДВМ-014. Проведенные физические эксперименты подтвердили эффект самосинхронизации трех вибровозбудителей. Приведенные данные показывают вариации, при которых при отключении одного или даже двух из трех приводов вибровозбудителей вращение отключенных вибровозбудителей сохраняется.

**В Заключении** сформулированы основные результаты и выводы диссертационного исследования.

**Научная новизна** представленной работы заключается в том, что Шихов А. М. с помощью математического и физического моделирования подтвердил явление самосинхронизации системы из трех дебалансных вибровозбудителей. Обоснована математическая модель ВТМ с неоднородным полем колебаний, образованным тремя вибровозбудителями. Параметры поля колебаний задаются положением и эксцентрическим моментом третьего вибровозбудителя. На основе моделирования обоснована рациональная последовательность запуска вибровозбудителей, позволяющая уменьшить максимальные амплитуды рабочего органа ВТМ при прохождении резонансных частот после пуска двигателя.



**Теоретическая и практическая значимость** работы заключается в идее создания нового типа ВТМ с тремя независимыми вибровозбудителями, обладающими гибкими технологическими свойствами и определении параметров, обеспечивающих устойчивые эллиптическое движение центра масс ВТМ, и неоднородное поле колебаний рабочего органа, а также в идее последовательного пуска двигателей, которая может найти применение не только для ВТМ с тремя вибровозбудителями, но возможно будет применима и к «классическим» ВТМ с двумя вибровозбудителями. Разработанный стенд для испытаний различных конфигураций самобалансных систем позволит проводить предварительные испытания проектируемых ВТМ.

**Научные положения, выводы и рекомендации**, сформулированные в диссертационном исследовании Шихова А. М., в полной мере отражают содержание результатов работы, а их обоснованность и достоверность обеспечивается использованием фундаментальных положений системы динамики твердых тел и теории колебаний, применением апробированных методов вычислений, современного аттестованного высокоточного измерительного оборудования, а также достаточным объемом экспериментальных данных.

**Применение полученных результатов.** Полученные в работе результаты найдут применение: в производственной сфере различных отраслей промышленности, использующих в своей технологии вибротранспортирующие машины различных видов; в проектных организациях при выборе и обосновании конструктивных параметров вибротранспортирующих машин с самосинхронизирующимся приводом и при конструировании новых видов грохотов и вибропитателей.

Предложенные математические модели и методики расчета позволяют расширить известные модели для машин с нечетным количеством вибровозбудителей и неоднородного поля колебаний по длине ВТМ.

Таким образом, рассматриваемая диссертационная работа представляет научный и практический интерес.

**Апробация результатов.** Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на международных и российских конференциях: VII Межвузовская научно-техническая конференция «Молодые ученые – транспорту», УрГУПС, 18-19 февраля 2010 г., Екатеринбург, XXXVIII Summer School-Conference «Advanced Problems in Mechanics», APM 2010, July 1-5, 2010, Repino, Saint-Petersburg, Russia, XXXIX Summer School-Conference «Advanced Problems in Mechanics», APM 2011, July 1-5, 2011, Repino, Saint-Petersburg, Russia, X Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики, ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 24-30 августа 2011 г., Н. Новгород, 2-nd European Conference of Mechanical Engineering» (ECME '11) Desember 10-12, 2011, Puerto De La Cruz, Tenerife, Spain; 6-th International Conference on Engineering Mechanics, Structures, Engineering Geology (EMESEG



'13) February 20-22, 2013, Cambridge, UK, XXXXI Summer School-Conference «Advanced Problems in Mechanics», APM 2013, July 1-6, 2013, Repino, Saint-Petersburg, Russia, Всероссийская научно-техническая конференция (с международным участием) «Транспорт Урала», УрГУПС, 20-21 ноября 2013 г., Екатеринбург, The 2014 International Conference on Mechanical Engineering (ME '14), March 15-17, 2014, Venice, Italy, XLIII International Conference «Advanced Problems in Mechanics», APM 2015, June 22-27, 2015, Saint-Petersburg, Russia, XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики, КФУ, 20-24 августа 2015 г., Казань, XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики, БашГУ, 19-24 августа 2019 г., Уфа.

**Публикации.** На основании результатов исследований по теме диссертации опубликовано 23 научные работы: из которых 10 статей в ведущих рецензируемых научных журналах и сборниках, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК, 3 статьи в зарубежных научных журналах, а также 10 статей в прочих научных изданиях, в их числе 4 работы - тезисы в сборниках международных конференций на английском языке

#### **Замечания по работе**

1. В главе 2 диссертации целесообразнее было бы оперировать относительными массами дебалансов, поскольку речь идет о теоретическом исследовании.

2. Подтверждение предположения автора о полном исключении загрязнения просеивающей поверхности при установке третьего вибровозбудителя на RM-80 UHR в работе не приведено.

4. В работе не приведены данные о сопоставлении численных данных по математическому и физическому моделированию.

Следует отметить, что все высказанные вопросы и замечания не влияют на общую положительную оценку рассмотренной диссертации.

#### **Заключение**

Диссертационная работа Шихова Андрея Михайловича на тему: «Повышение эффективности рабочего процесса вибротранспортирующих машин с самосинхронизирующимся вибровозбудителями» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной научно-технической задачи, направленной на повышение эффективности работы ВТМ за счет совершенствования конструкции на основе установленных закономерностей движения рабочего органа вибромашин с тремя ВВ.

Представленная работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Шихов Андрей Михайлович





заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.06 – Горные машины.

Настоящий отзыв обсужден и утвержден на заседании научно-технического семинара АО «Уралмеханобр» 21 апреля 2022 года.

На заседании присутствовало	18 человек.	
Результаты голосования:	«за»	18 человек,
	«против»	нет,
	«воздержавшихся»	нет.

Протокол № 3 от 21 апреля 2022 г.

Отзыв научной организации подготовил:

Заведующий отдела  
рудоподготовки и специальных  
методов исследования,  
АО «Уралмеханобр»,

доктор технических наук

Газалеева Галина Ивановна

Заведующий лабораторией  
окускования и физико-механических /  
испытаний, кандидат технических наук \_\_\_\_\_ Братыгин Евгений Владимирович

СОГЛАСОВАНО:

Заместитель генерального директора  
по науке

В.Н. Закирничный

Адрес: Россия, 620063,  
г. Екатеринбург, ул. Хохрякова, д. 87  
тел.: +7 (343) 344-27-42 доб. 2000  
e-mail: [umbr@umbr.ru](mailto:umbr@umbr.ru)

