

Заключение диссертационного совета ГУ 212.224.07,
созданного федеральным государственным бюджетным образовательным
учреждением высшего образования «Санкт-Петербургский горный
университет»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
по диссертации на соискание
ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 30.12.2019 № 4

О присуждении **Родионовой Марине Сергеевне**, гражданину
Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Обоснование и выбор геометрических и силовых параметров механизмов подачи фрикционного типа для перемещения горно-обогачительного оборудования по криволинейным траекториям» по специальности 05.05.06 – Горные машины принята к защите 24.10.2019 года, протокол №1 диссертационным советом ГУ 212.224.07 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, дом 2; приказ ректора Горного университета от 23.09.2019 №1233 адм.

Соискатель, Родионова Марина Сергеевна, 1992 года рождения, в 2015 окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» по специальности 150401 «Проектирование технических и технологических комплексов», освоила программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре с 2015 по 2019 гг. кафедры машиностроения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования «Санкт-Петербургский горный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Соискатель работает в должности инженера I категории Центра довузовских и специальных программ федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре машиностроения в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Тимофеев Игорь Парфенович**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, кафедра машиностроения, профессор.

Официальные оппоненты:

Бардовский Анатолий Данилович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», кафедра инжиниринга технологического оборудования, профессор;

Шишлянников Дмитрий Игоревич, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», кафедра горной электромеханики, доцент;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский

государственный горный университет», г. Екатеринбург, в своем положительном отзыве, подписанном Лагуновой Юлией Андреевной, доктором технических наук, профессором, исполняющей обязанности заведующего кафедрой горных машин и комплексов; Комиссаровым Анатолием Павловичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры горных машин и комплексов; утвержденном доктором экономических наук Душиным Алексеем Владимировичем, ректором Уральского государственного горного университета; указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача повышения тяговой способности подающего механизма горно-обогатительного оборудования.

Соискатель имеет 8 опубликованных работ по теме диссертационного исследования, из них 2 опубликованы в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 1 опубликована в рецензируемом издании, индексируемом базами данных Scopus, получен 1 патент РФ на изобретение, 3 патента РФ на полезную модель, 1 свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ. Общий объем 4,5 печатных листа, в том числе 2,4 печатных листов соискателя. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Столярова, М.С. Особенности работы тягового устройства на криволинейных участках рельсового пути [Текст] / И.П. Тимофеев, А.В. Большунов, М.С. Столярова, А.М. Авдеев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 1. – С. 171-178. (ВАК)

Соискатель обосновал геометрические и силовые параметры фрикционного привода на основе тягового устройства, обеспечивающие снижение продольного скольжения при движении по криволинейной траектории.

2. Столярова, М.С. Обоснование параметров фрикционного привода агрегатов горно-обогатительного производства [Текст] / И.П. Тимофеев,

М.С. Столярова // Известия Уральского государственного горного университета. – 2019. – № 1. – С. 136-142. (ВАК)

Соискатель обосновал параметры фрикционного привода, обеспечивающие надежное сцепление колес с кольцевым рельсом в зоне упругого скольжения.

3. Stoliarova, M. Specific Features of Friction-Type Traction Gear of Rotating Machines Drives [Текст] / I. Timofeev, A. Bolshunov, M. Stoliarova // Procedia Engineering. – 2017. – P. 1654–1660. (Scopus)

Соискатель проанализировал особенности работы тягового устройства с регулируемым в функции сопротивления давлением приводных колес на кольцевой рельс.

В диссертации Родионовой М.С. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Основные положения и результаты работы в целом и отдельные ее разделы докладывались и получили положительную оценку: на IV Международной научно-практической конференции «Инновации на транспорте и в машиностроении» г. Санкт-Петербург, 2016; на 67th BERG-UNDHUTTENMANNISCHER TAG – Фрайберг, 2016; на V Международной научно-практической конференции «Инновации на транспорте и в машиностроении» – Санкт-Петербург, 2017; на Санкт-Петербургском международном научно-образовательном салоне – Санкт-Петербург, 2018; на Международном семинаре «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики IPDME-2019», Санкт-Петербург, 2019; на Международной научно-практической конференции «ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ» – Пенза, 2019; на IX Международной научно-практической конференции «OPEN INNOVATION» – Пенза, 2019.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от профессора кафедры горных машин и комплексов федерального государственного

бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный горный университет», д.т.н. **А.П. Комиссарова**; профессора кафедры геотехнологий и строительства подземных сооружений федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет», д.т.н. **А.Б. Жабина** и профессора кафедры геотехнологий и строительства подземных сооружений федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет», д.т.н. **А.В. Полякова**; заведующего кафедрой горных машин и комплексов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», д.т.н. **Г.Д. Буялича** и доцента кафедры горных машин и комплексов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», к.т.н. **Н.Н. Городилова**; профессора кафедры горных машин и комплексов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет», д.т.н. **И.И. Демченко** и старшего преподавателя кафедры горных машин и комплексов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет» **А.О. Муленковой**; генерального директора АО «Гипронеруд», к.т.н. **Н.С. Ларина**; директора по развитию бизнеса Rocky АО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» филиал в Северо-Западном Федеральном округе, к.т.н. **А.Ю. Феоктистова**; менеджера по продажам оборудования АО «Научно-производственная корпорация «Механобр-техника», к.т.н., **А.Н. Коровникова**, заведующего кафедрой горных машин и транспортно-технологических комплексов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет

им. Г.И. Носова», д.т.н. **А.Д. Кольги** и аспиранта кафедры горных машин и транспортно-технологических комплексов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» **В.Е. Земляковой**.

В отзывах дана положительная оценка проведенных исследований, отмечена актуальность выбранной темы, высокая степень проработки вопроса и профессиональный подход к решению поставленных задач, однако в некоторых из них имеются замечания:

На стр. 25 диссертационной работы сделан вывод о необходимости совершенствования конструкции шаровой барабанной мельницы без увязки с темой данной работы (**д.т.н. А.Д. Бардовский**).

В 1-м выводе главы 2 утверждается целесообразность ввода поправочных коэффициентов в геометрические параметры рычажного механизма тягового устройства и диаметры приводных колес. Наверное речь идет о корректировании этих параметров? (**д.т.н. А.Д. Бардовский**).

В 3-м выводе главы 2 утверждается, что при диаметре внутреннего приводного колеса 300 мм при различных значениях радиуса кольцевого рельса должны выбираться различные диаметры внешнего приводного колеса, но не объяснены причины такого выбора (**д.т.н. А.Д. Бардовский**).

Имеется несоответствие указанных страниц в оглавлении и в тексте (**д.т.н. А.Д. Бардовский**).

Во введении (стр. 4 рукописи диссертации) диссертационной работы автор приводит список ученых, внесших значительный вклад в разработку и совершенствование отечественного обогатительного оборудования. Всего приведено 25 фамилий. Однако, в списке литературы наличествуют труды только 10 ученых из указанного списка (**к.т.н. Д.И. Шишлянников**).

В автореферате отсутствуют сведения о структуре работы. Замечены небрежности и опечатки при оформлении рукописи диссертации. В частности, на рисунке 1.21 (стр. 35) неверно указаны позиции, а сам рисунок

1.21 дублирует идентичный рисунок 2.2 (стр. 38). Обозначение единиц мощности (кВт) в рукописи диссертации встречается в трех разных вариантах. Рисунок 2.13 в рукописи диссертации отсутствует (стр. 55–57), а в автореферате рисунки 2 а и 2 б перепутаны местами (стр. 10 и 11 автореферата). Приложения не информативны и трудно воспринимаемы. Не ясно, для чего автору потребовалось определять полученные значения с точностью до пятого знака после запятой (**к.т.н. Д.И. Шишлянников**).

Замечание методологического характера. Цель и задачи исследования должны формулироваться в конце первой главы, исходя не только из анализа конструкций механизмов подачи горно-обогачительного оборудования, а по результатам рассмотрения ранее опубликованных работ. Однако такой подробный анализ в первой главе отсутствует. Задачи исследования должны логично вытекать из проведенного в первой главе анализа (**к.т.н. Д.И. Шишлянников**).

Четвертое замечание также касается методологии и следует из предыдущего. Каждый раздел первой главы должен быть последовательно направлен на формулирование той или иной задачи исследования. При этом задачи должны быть не в общей формулировке, а вполне конкретными (**к.т.н. Д.И. Шишлянников**).

В четвертой (последней) главе диссертации автором приводятся описания и результаты экспериментальных исследований взаимодействия фрикционных роликов. Структура диссертационной работы предусматривает наличие отдельной главы, в которой предлагаются технические решения для использования результатов диссертационной работы в практике горного производства. Такая завершающая глава является логичным следствием результатов выполненных теоретических и экспериментальных исследований (**к.т.н. Д.И. Шишлянников**).

Следует пояснить, каким образом учитывалась инерция роликов и присоединенных масс механизмов подачи фрикционного типа при

выполнении математического моделирования и анализе результатов экспериментальных исследований? (к.т.н. **Д.И. Шишляников**).

Во введении к диссертационной работе, в пункте «Личный вклад автора» указывается, что автором выполнен «анализ результатов производственных наблюдений за работой агрегатов горно-обогатительного производства П-30 обогатительной фабрики АНОФ-2 Кировского филиала АО «Апатит» ФосАгро». Следует пояснить, в чем заключаются результаты данного анализа? Каковы были цели и задачи данных наблюдений? В какой период выполнялись наблюдения? (к.т.н. **Д.И. Шишляников**).

При изложении технического текста следует более строго относиться к вопросам терминологии и обозначения одних и тех же величин. Так на стр. 46 диссертации усилие «N» называется нормальным давлением, на стр. 72 – реакцией рельса. Кроме этого, на стр. 46 диссертации передаточное число обозначено «и», а на стр. 73 – «m». То же касается и обозначений передаточного числа углового рычага (д.т.н. **Ю.А. Лагунова**, д.т.н. **А.П. Комиссаров**).

На стр. 48 диссертации представлен график (рисунок 2.5) анализа влияния геометрических параметров рычага приводных колес на передаточное число, при этом построены графики изменения передаточного числа рычага приводных колес в зависимости от коэффициента сцепления (д.т.н. **Ю.А. Лагунова**, д.т.н. **А.П. Комиссаров**).

В формулах передаточного числа (2.11) и (2.14) на стр. 48 и 51 диссертации соответственно, указан коэффициент сцепления φ_0 . На наш взгляд следовало бы подробнее объяснить как данный коэффициент сцепления может влиять на передаточное число рычажной системы, значение которого зависит от ее геометрических размеров (д.т.н. **Ю.А. Лагунова**, д.т.н. **А.П. Комиссаров**).

Из автореферата непонятно как осуществляется регулирование давления приводных колес на рельс (д.т.н. **А.П. Комиссаров**).

С какой целью проводились экспериментальные исследования для сухих колес? (д.т.н. **А.П. Комиссаров**).

Первая задача исследований «Обзор и анализ литературных источников...» не может являться таковой, так как этот анализ делается до постановки задач исследований (д.т.н. **А.Б. Жабин**, д.т.н. **А.В. Поляков**).

В автореферате следовало бы дать краткое описание экспериментального стенда, используемого для определения коэффициента сцепления (д.т.н. **А.Б. Жабин**, д.т.н. **А. В. Поляков**).

Автор, на стр. 17 автореферата (последний абзац) делает вывод о том, что для передаточного числа $U > 9$ коэффициент сцепления должен быть более 0,22. Однако, на рис. 10 передаточное число изменяется от 10 до 25 (д.т.н. **Жабин А.Б.**, д.т.н. **А. В. Поляков**).

В заключении автореферата следовало бы указать рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы, что предусмотрено п. 9.2.3 ГОСТ 7.01-11 2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления» (д.т.н. **Жабин А.Б.**, д.т.н. **А. В. Поляков**).

Нет наименования некоторых аргументов в формулах, приведенных в автореферате (д.т.н. **Г.Д. Буялич**, к.т.н. **Н.Н. Городилов**).

Отсутствие информации в автореферате о разработанной программе исследования характера движения тягового устройства механизма подачи (вводные параметры, выходные данные) (д.т.н. **И.И. Демченко**, **А.О. Муленкова**).

По оформлению: в автореферате не объяснены часть параметров, указанных на рисунках (д.т.н. **И.И. Демченко**, **А.О. Муленкова**).

Из текста реферата неясно, как же практически вводить поправку в передаточное число внутренней половины рычажной системы тягового устройства, какие геометрические параметры тягового устройства следует изменять (к.т.н. **Н.С. Ларин**).

В формуле 7 автореферата приведено выражение для величины Δt , поправки, вносимой в передаточное число внутренней части рычажной

системы, но непонятно каким образом в это выражение попадает коэффициент «К» (к.т.н. Н.С. Ларин).

Автору следовало бы более детально объяснить в работе как коэффициент сцепления колеса с рельсом может влиять на передаточное число рычажной системы механизма подачи (к.т.н. Н.С. Ларин).

На рис.1 обозначены длинные плечи угловых рычагов l_1 , l_2 , однако в комментариях к формуле (1), l_2 определено как «короткое плечо углового рычага», которое на кинематической схеме не обозначено (к.т.н. А.Ю. Феоктистов).

Из автореферата непонятно, как рассчитывалась внешняя нагрузка, момент сил сопротивления на рабочий орган (гребковую ферму) (к.т.н. А.Ю. Феоктистов).

Не все использованные переменные расшифрованы в тексте автореферата (см., например, формулу (9)). В частности, непонятно, что означает параметр R_l , входящий в дифференциальное уравнение движения горно-обогатительного агрегата (к.т.н. А.Ю. Феоктистов).

В работе следовало бы более подробно рассмотреть вопрос о возможном применении предлагаемого механизма подачи фрикционного типа для шаровых мельниц, привести схему привода (к.т.н. А.Н. Коровников).

В автореферате указано, что при несовпадении по направлению создаваемой тяговым устройством механизма подачи силы тяги и внешним сопротивлением возникает момент, вызывающий перекося устройства, но не объяснено, почему эти силы не совпадают по направлению (к.т.н. А.Н. Коровников).

Было бы полезно более детально объяснить в работе как коэффициент сцепления колеса с рельсом может влиять на передаточное число рычажной системы тягового устройства механизма подачи (к.т.н. А.Н. Коровников).

Коэффициент трения скольжения величина безразмерная, а коэффициент трения качения имеет размерность длины. Почему в формуле

(1) на странице 10 он представлен безразмерным (**к.т.н. А.Д. Кольга, аспирант В.Е. Землякова**).

На стр. 16, формула (9), представлена математическая модель, описываемая дифференциальным уравнением Лагранжа второго рода «агрегата горно-обогатительного производства». Какого агрегата? (**к.т.н. А.Д. Кольга, аспирант В.Е. Землякова**).

Из содержания автореферата, трудно понять о каких конкретно агрегатах горно-обогатительного производства идет речь (**к.т.н. А.Д. Кольга, аспирант В.Е. Землякова**).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов в соответствующей отрасли науки и наличием у них публикаций в сфере исследования, а также широкой известностью ведущей организации своими достижениями по соответствующей теме исследования отрасли наук и способностью определить научную и практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая идея формирования тягового усилия устройства фрикционного типа, с регулируемым давлением приводных колес на рельс в зависимости от сопротивления при движении по кольцевому рельсу горно-обогатительного агрегата с учетом свойств окружающей среды;

предложены оригинальные суждения по обоснованию и выбору геометрических и силовых параметров механизма подачи агрегатов горно-обогатительного производства на основе тягового устройства фрикционного типа с учетом особенностей движения по криволинейным участкам рельсового пути;

доказана перспективность использования новой идеи применения механизма подачи горной машины в виде тягового устройства фрикционного типа с приводными колесами разного диаметра на кольцевом рельсе и учете условий эксплуатации, посредством введения поправочного коэффициента,

учитывающего изменение силы тяги механизма подачи отличной от номинальных условий эксплуатации;

введены измененные трактовки старых понятий: передаточное число рычажной системы, коэффициент изменения диаметров приводных колес.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, расширяющие границы применимости тяговых устройств фрикционного типа и обеспечивающие устойчивую работу механизма на криволинейных траекториях;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе методы аналитического синтеза, математического анализа, а также экспериментальные исследования, проведенные на стенде;

изложены условия устойчивой работы тягового устройства фрикционного типа на кольцевом рельсе. Установлено, что для исключения продольного скольжения приводных колес при перемещении по кольцевому рельсу, вызванного перекосом устройства относительно рельса необходимо корректировать геометрические параметры элементов рычажной системы устройства;

раскрыты существенные проявления теории: противоречия в работе механизма подачи фрикционного типа при его движении по прямолинейному участку рельсового пути и при входе на криволинейный участок траектории (вход в поворот), что должно учитываться при проектировании тяговых устройств фрикционного типа;

изучены факторы, определяющие влияние относительного скольжения приводных колес на тяговую способность механизмов подачи фрикционного типа горно-обогатительного оборудования;

проведена модернизация существующих математических моделей и кинематических схем тягового устройства фрикционного типа с учетом особенностей его режимов работы на кольцевом рельсе, в частности установлено, что диаметры приводных колес тягового устройства должны

быть пропорциональны длинам наружной и внутренней рабочих поверхностей рельса, а рычажная система тягового устройства должна иметь неравные передаточные числа внутренней и наружной его частей.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены рекомендации по области применения разработанного тягового устройства фрикционного типа и метод компьютерного моделирования, устанавливающий значения коэффициента сцепления приводных колес с рельсом, используемые в практике проектирования фрикционных приводов агрегатов горно-обогатительного производства в учебный процесс федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»;

определены пределы и перспективы практического использования механизма подачи фрикционного типа для перемещения горно-обогатительного оборудования по криволинейным траекториям, в частности радиус кривизны рельса не должен превышать 7 м.;

создана система практических рекомендаций по выбору основных геометрических и силовых параметров тягового устройства механизма подачи в зависимости от условий сцепления колеса с рельсом и диаметров приводных колес;

представлены предложения по дальнейшему уточнению математической модели процесса движения механизма подачи фрикционного типа, исключающего перекос фрикционного тягового устройства на кольцевом рельсе.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании, показана воспроизводимость значения величины коэффициента относительного скольжения пары фрикционных

колес при изменении состояния соприкасающихся поверхностей, их межосевого расстояния и величины нормального давления;

теория построена на известных зависимостях и согласуется с опубликованными научными и экспериментальными данными, в том числе в области изучения взаимодействия колеса и рельса;

идея базируется на анализе результатов научных исследований в области создания механизмов подачи фрикционного типа агрегатов горно-обогатительного производства на основе тяговых устройств с регулируемым давлением приводных колес на рельс и обобщении передового опыта в области создания и использования приводов горных машин и агрегатов горно-обогатительного производства (сгустителей, мельниц и т.п.);

использованы сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

установлено количественное совпадение значений коэффициента сцепления приводных колес с кольцевым рельсом с результатами, представленными в независимых источниках по данной теме. В частности, доказано, что значение коэффициента сцепления не выходит из диапазона, обеспечивающего работу тягового механизма в области упругого скольжения;

использованы современные методы сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в:

Включенном участии на всех этапах процесса; непосредственном участии в получении исходных данных и научных экспериментах; анализе особенностей работы тягового устройства механизма подачи с регулируемым в функции сопротивления давлением приводных колес на рельс; анализе результатов производственных наблюдений за работой агрегатов горно-обогатительного производства П-30 обогатительной фабрики АНОФ-2 Кировского филиала АО «Апатит» ФосАгро; разработке алгоритма и обосновании комплекса методов для исследования особенностей работы

тягового устройства механизма подачи на кольцевом рельсе без перекоса тягового устройства механизма подачи, снижении относительного скольжения приводных колес, износа тяговых элементов привода; разработке прикладной компьютерной программы процесса движения тягового устройства механизма подачи фрикционного типа на кольцевом рельсе; формулировке научных положений, основных выводов и рекомендаций.

На заседании 30.12.2019 года диссертационный совет принял решение присудить Родионовой Марине Сергеевне ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.05.06 – Горные машины за научно обоснованное техническое решение, обеспечивающее надежное перемещение горной машины по заданной траектории в изменяющихся условиях скольжения приводных колес, что имеет существенное значение для развития горно-обогатительной отрасли страны.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве – 21 человека, из них 7 – докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании из – 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 21, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета



Максаров Вячеслав

Максаров Вячеслав Викторович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Звонарев Иван

Звонарев Иван Евгеньевич

30.12.2019 г.