

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.234.01,
созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения
науки Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук» по диссертации на
соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от «21» декабря 2023г. № 4

О присуждении Винокурову Василию Романовичу, гражданину России,
ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и обоснование рациональных конструктивно-режимных параметров центробежных мельниц многократного ударного действия» по специальности 2.8.8. – «Геотехнология, горные машины» принята к защите «17» октября 2023 г., протокол заседания № 2, диссертационным советом 24.1.234.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 677980, г. Якутск, ул. Петровского, 2, приказ Минобрнауки России №149/нк от 15.02.2022 г.

Соискатель Винокуров Василий Романович, 8 ноября 1976 года рождения, в 2000 г. окончил Якутский государственный университет им. М.К. Аммосова, ему выдан диплом с присуждением квалификации горного инженера по специальности «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых».

В 2003 г. соискатель Винокуров В.Р. окончил очную аспирантуру Института горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения

Российской академии наук по специальности 25.00.22 - Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

Работает научным сотрудником лаборатории обогащения полезных ископаемых Института горного дела Севера им. Н.В.Черского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории обогащения полезных ископаемых Института горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель - доктор технических наук, Матвеев Андрей Иннокентьевич, Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», лаборатория обогащения полезных ископаемых, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Лагунова Юлия Андреевна, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Высшего образования «Уральский государственный горный университет», заведующая кафедрой горных машин и комплексов;

Овчинников Николай Петрович, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

Высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», директор Горного института.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение Высшего образования «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, в своем положительном заключении, подписанном Мориным Андреем Степановичем, доктором технических наук, заведующим кафедрой «Горные машины и комплексы», указала, что диссертационная работа В.Р.Винокурова является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новое решение актуальной научно-практической задачи повышения эффективности работы отечественных центробежных ударных мельниц авторской разработки за счет организации в их рабочей зоне многократных динамических воздействий на разрушаемые частицы в процессе измельчения. Диссертация, предоставленная по специальности 2.8.8. – «Геотехнология, горные машины», соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, а её автор – Винокуров В.Р. заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук.

Основные положения исследований отражены в 29 публикациях, в том числе в 16 статьях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 5 статьях, индексируемых в системе Scopus и Web of Science.

Работы представляют собой научные статьи в журналах и публикации в материалах международных, всероссийских конференций и симпозиумов, из них 15 в соавторстве, 6 - единолично. Соискатель имеет 7 патентов РФ на изобретение и 1 патент РФ на полезную модель. Наличие в диссертации недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах не выявлено.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Винокуров, В. Р. Моделирование разрушения частиц геоматериалов в центробежных мельницах / В. Р. Винокуров // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6; URL: <http://www.science-education.ru/120-16488>.

2. Винокуров, В. Р. Расчет энергетической эффективности центробежной мельницы ЦМВУ-800 / В. Р. Винокуров, Е. С. Львов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12, Ч. 6. – С. 1103 – 1106.
3. Матвеев, А. И. Новое в рудоподготовке – аппараты дробления и измельчения многократного ударного действия / А. И. Матвеев, В. Р. Винокуров, Е. С. Львов // Горный информационно - аналитический бюллетень. – 2016. – Спец. выпуск № 21. – С. 242 – 252.
4. Винокуров, В. Р. Новые конструкции мельниц ударно-центробежного типа / В. Р. Винокуров, Е. С. Львов // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 12, Ч. 5. – С. 965 – 970.
5. Винокуров, В. Р. Интенсификация процесса измельчения в мельницах многократного ударного действия / В. Р. Винокуров, Е. С. Львов // Горный информационно - аналитический бюллетень. – 2017. – Спец. выпуск № 24 : Геомеханические и геотехнологические проблемы освоения недр Севера. – С. 154 – 161.
6. Винокуров, В. Р. Экспериментальные исследования по определению влияния скорости воздушного потока на процесс измельчения в центробежной ступенчатой мельнице / В. Р. Винокуров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. – № 9. – С. 158 – 164.
7. Vinokurov, V. R. Determination of rational process variables for multi-step centrifugal mills. Published under licence by IOP Publishing Ltd IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 773 V.R Vinokurov IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 773 (2021) 012072. (In Russian) doi.org/10.1088/1755-1315/773/1/012066.
8. Винокуров, В. Р. Применение мельницы сухого многократного ударного действия при измельчении золотосодержащих руд месторождения "Малый Тарын" / В. Р. Винокуров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 12-1. – С. 48 – 58.
9. Матвеев, А. И. Научно-экспериментальные основы сухого обогащения руд полезных ископаемых / А. И. Матвеев, И. Ф. Лебедев, В. Р. Винокуров, Е. С.

Львов // Записки Горного института. – 2022. –Т. 256. – С. 613 – 622. – DOI: 10.31897/PMI.2022.90.

10. Матвеев А. И. Исследование особенностей дезинтеграции рудных материалов при сухом измельчении в центробежном аппарате новой конструкции / А. И. Матвеев, В. Р. Винокуров // ФТПРПИ. – 2023. – № 4 – С. 160 – 163. DOI: 10.15372/FTPRPI20230417.

11. Патент на изобретение № 2416463 РФ, МПК В02С 13/00 (2006.01). Центробежный измельчитель с кольцевыми отбойными элементами / Матвеев А. И., Винокуров В. Р.; Заявка № 2009122706/21 от 15.06.2009; Оpubл. 20.04.11, Бюл. №11.

12. Патент на изобретение № 2746502 РФ, СПК В02С 7/00 (2021.01). Вертикальный центробежный измельчитель/ Матвеев А. И., Винокуров В. Р., Григорьев А. Н.; заявитель и патентообладатель Учреждение Рос. акад. наук Ин-т горн. дела Севера им. Н.В. Черского Сиб. отд-ния Рос. акад. наук. - № 2020119813; заявл. 08.06.2020; опубл. 14.04.2021 Бюл. № 11.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все положительные):

1. Н.И. Сысоев, д.т.н., профессор кафедры «Горное дело» ЮРГПУ(НПИ) и С.Г. Мирный, к.т.н., доцент кафедры «Горное дело» ЮРГПУ(НПИ):

- отсутствие в нем зависимости эффективности измельчения минерального сырья от частоты вращения рабочего органа и угла разгрузки продуктов измельчения, о которой автор упоминает в п.8, заключения;

- считаем также некорректным употребление в представленном автореферате выражения «конструктивно-режимные параметры» вместо общепринятого «режимные и конструктивные параметры».

2. А.Г. Журавлев, к.т.н., зав. лабораторией транспортных систем карьеров и геотехники ИГД УрО РАН:

- второе научное положение рационально было бы сформулировать, не констатируя факт разработки методики, а отразив важнейшую особенность и новизну методики;

- из автореферата не ясно: как в рамках разработанной методики определения основных конструктивных параметров многоступенчатых мельниц учитывается тот факт, что частица на каждой ступени подвергается не однократному, а многократному взаимодействию как с броней, так и, вероятно, с другими частицами? Как это повлияет на конструктивные параметры рассматриваемых мельниц?;

- в автореферате не приведен в явном алгоритме перехода от скорости столкновения к конструктивным параметрам мельницы, хотя о возможности такого перехода говорится во 2-м научном положении.

3. А.И. Курочкин, к.т.н., доцент, зав. кафедрой горных машин и транспортно-технологических комплексов ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»:

- не ясно, какое процентное расхождение между расчётными и экспериментальными данными, полученными в работе по разработанной методике?

- рассматривались ли в работе вопросы надежности разработанных новых конструкций центробежных мельниц с разной формой рабочих органов, учитывая многократные динамические воздействия на разрушающие частицы в процессе измельчения?

4. И.В. Мещеряков, к.т.н., и.о. начальника отдела контроля поставок оборудования АО «Русал менеджмент»:

- проводились ли какие-либо испытания, исследования по износостойкости рабочих органов ступенчатой мельницы?

- есть ли какие-либо наработки, предложения по увеличению производительности ступенчатой мельницы?

5. В.В. Зубов, к.т.н., начальник учебно-методического управления ФГБОУ ВО УГГУ – без замечаний.

6. Л.В. Шумилова, д.т.н., доцент, профессор кафедры водного хозяйства, экологической и промышленной безопасности факультета строительства и экологии ФГБОУ ВО «ЗабГУ»:

- в виде замечания к работе, можно отнести количество защищаемых положений (всего два положения), хотя судя по материалу, представленному в автореферате по моему личному мнению их должно быть больше.

7. О.Е. Горлова, д.т.н., профессор кафедры геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»:

- насколько обосновано и корректно использование в некоторых местах автореферата термина «активатор» применительно к рабочему органу мельницы?

- в автореферате следовало четко оговорить, что считается разрушением частиц при таком широком диапазоне их крупности от 10 до 1 мм. На стр. 12 автореферата написано: «после каждого эксперимента определялась степень сокращения геометрических размеров рудной частицы после столкновения с неподвижной стенкой». Как определялась эта степень сокращения? Там же далее сказано, что в табл. 3 приведены полученные критические скорости столкновения частиц (м/м) разной крупности и крепости на центробежном стенде, приводящие к разрушению частиц. Это скорость вылета частицы с ротора при различной частоте его вращения? Тем более следовало прописать, что считается моментом разрушения, для которого и приведены критические скорости. Далее на этом основана вся методика;

- на стр.13 автореферата сказано: «Как видно из таблицы 5, например, для сокращения крупности более, чем в два раза частицы крупностью 4 мм и крепостью $f=6$ необходимо обеспечить скорость столкновения частицы 34,63 м/с, а для ее дальнейшего разрушения до 0,45 мм необходимо обеспечить скорости столкновения частицы по ступеням: 34,6 м/с; 42,8 м/с 28.8 м/с». Непонятно, как в модели закладывается этот параметр разрушения?

- один из важнейших результатов работы - методика расчета столкновения частиц с поверхностью рабочих органов центробежных мельниц многократного ударного действия в зависимости от заданной

окружной скорости и геометрических параметров рабочих органов. Для практических целей и проектирования новых конструкций скорее важна методика расчета конструктивных параметров мельницы и скорости вращения ротора для обеспечения разрушения частиц разной крупности и крепости. Возможно ли решение такой задачи?

8. А.В. Рассказова, к.т.н., ведущий научный сотрудник лаборатории обогащения полезных ископаемых ИГД ХФИЦ ДВО РАН:

- на стр.10 автореферата, указано, что: «Наиболее высокий показатель эффективности измельчения оказался у трехступенчатого варианта центробежного активатора». Требуется пояснения, какой именно показатель имелся в виду?;

- название таблицы 3 «Результаты разрушения частиц разной крупности и крепости на центробежном лабораторном стенде» не соответствует ее содержанию, т.к. в таблице приведены критические скорости столкновения частиц разной крупности и крепости.

9. С.А. Прокопьев, к.т.н., начальник отдела комплексного использования минерального сырья ФГБУН Институт земной коры СО РАН:

- ссылаясь на таблицу 5, в тексте автореферата написано «скорости столкновения частицы по ступеням: 34,6 м/с; 42,8 м/с; 48,8 м/с», часть данных в таблице 5 отсутствует;

- в качестве пожелания: провести дополнительные исследования по влиянию аэродинамических условий на эффективность измельчения в разработанных измельчителях.

10.С.Н.Крикун, к.т.н., доцент, и.о. зав. кафедрой «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей» ФГБОУ ВО «Северо-восточный государственный университет»:

- Может ли текущая крупность питания установки (до 15мм.) ограничить ее применение на реальном производстве?

- При каких конкретных испытаниях на производстве эффективность ЦМБУ-800 могла быть ниже или выше расчетных значений?

- Из автореферата непонятно, какие из представленных научных результатов наиболее значимы и полезны?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем фактом, что они являются высококвалифицированными и компетентными в области разработки конструкции и обосновании рациональных параметров оборудования для измельчения горных пород, в том числе центробежных мельниц, и имеют соответствующие публикации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработана** методика расчета скорости столкновения частиц с поверхностью рабочих органов центробежных мельниц многократного ударного действия в зависимости от заданной окружной скорости и геометрических параметров рабочих органов, позволяющая обосновать (определять) рациональные режимные и конструктивные параметры рабочих органов мельниц и прогнозировать степень разрушения частиц разной крупности и крепости.

- **доказано**, что повышение эффективности разрушения рудных материалов в центробежных мельницах многократного ударного действия достигается за счет применения в них противоположно вращающихся рабочих органов специальной формы (ступенчатой, дисковой, конусной), позволяющих организовать рациональные условия интенсивности разрушения рудных материалов в рабочей камере, а также возможность последовательного увеличения скорости столкновения частиц с поверхностью рабочих органов по мере радиального перемещения материала в рабочей зоне измельчения от загрузки к разгрузке.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказано**, что применение специальной ступенчатой конструкции рабочих органов (активатора и противоположно вращающегося отражателя)

позволяет существенно повысить эффективность разрушения кусковых рудных материалов в центробежных мельницах многократного ударного действия;

- на основе экспериментальных данных **изучена** взаимосвязь разрушения частиц разной крупности и крепости по выходу контрольного класса крупности $-0,071$ мм с конструктивными и режимными параметрами рабочих органов центробежной ступенчатой мельницы, позволяющая прогнозировать эффективность их разрушения;

- **доказано**, что повышение эффективности измельчения рудных материалов достигается за счет применения многократных динамических воздействий в режиме последовательного повышения скорости столкновения частиц с поверхностью рабочих органов в процессе измельчения, компенсирующей уменьшение импульса динамического воздействия из-за сокращения размеров и массы частиц в процессе измельчения.

- **проведена модернизация** математической модели и методики расчета конечной скорости столкновения частицы с рабочими органами центробежной ступенчатой мельницы многократного ударного действия в зависимости от заданной окружной скорости и геометрических параметров рабочих органов, что позволило определить наиболее рациональные режимы работы мельницы для измельчения частиц различной крупности и крепости.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс методов, включающий анализ и обобщение результатов ранее выполненных исследований: лабораторные и натурные исследования, опытно-промышленные испытания; моделирование; статистическую и аналитическую обработку полученных результатов.

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

- Разработанная методика расчета скорости столкновения частиц с рабочими органами центробежных мельниц многократного ударного действия

может быть **использована (внедрена)** для обоснования их конструктивных параметров и рациональных режимов работы при проектировании;

- на основе испытаний опытно-промышленного образца центробежной ступенчатой мельницы ЦМВУ-800 **определены перспективы** эффективного использования центробежных мельниц многократного ударного действия в технологических схемах рудоподготовки при переработке руд месторождений Одолго, Задержнинское, а также при переработке крупно-объемных проб рудных месторождений (Люнкидали, Нежданинское, Малтан, Сентачан, Гурбей, Аркачан, Малый Тарын, Вертикальное);

- научно-методические результаты **внедрены** в учебном процессе Горного института ФГАОУ ВО Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- достаточную сходимость результатов аналитических исследований с данными, полученными на лабораторной модели центробежной ступенчатой мельнице ЦМВУ-800 и при испытаниях ее опытно-промышленного образца в натуральных условиях;

- экспериментальные и натурные исследования выполнены по современным, апробированным методикам и в необходимом, по требованиям статистической обработки результатов, объеме;

- результаты экспериментальных исследований получены с использованием сертифицированного оборудования.

Личный вклад соискателя состоит в:

- в разработке конструкций центробежных мельниц многократного ударного действия и методики расчета режимных и конструктивных параметров их рабочих органов с учетом последовательного сокращения крупности кусковых рудных материалов в зависимости от их физико-механических свойств; в анализе полученных результатов и их интерпретации; в проведении экспериментальных работ; в статистической обработке данных.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические вопросы и замечания:

1. Вы оценивали сдвиговый механизм разрушения породы в мельнице при проведении исследований?
2. Какова область применения эффективной работы мельницы (крепость, влажность породы)?
3. Какой предельный размер загружаемого куска породы в мельницу?
4. Образцы каких пород Вы разрушали при проведении исследований?
5. Крепость пород Вы определяли самостоятельно? Как готовили образцы пород для проведения эксперимента?
6. Какое количество образцов породы одного размера было использовано на один эксперимент?
7. Крепость породы определяли на скольких образцах породы?
8. Твердость и крепость горной породы в Вашем понимании это одно и то же?
9. Какая самая эффективная форма рабочей камеры?
10. С чем связаны, по Вашему мнению, пики на графиках, приведенных на листах №№ 10 и 12?
11. Насколько корректно скорости столкновения частиц с рабочей поверхностью мельницы, полученные на лабораторной установке, переносить или использовать при составлении рекомендаций по параметрам опытно-промышленного образца установки?

Соискатель Винокуров В.Р. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 21.12.2023 диссертационный совет принял решение за разработку и научное обоснование рациональных конструктивно-режимных параметров центробежных мельниц многократного ударного действия,

имеющих важное значение для повышения эффективности работы отечественных центробежных ударных мельниц и импортозамещения горного измельчительного оборудования, присудить Винокурову Василию Романовичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов наук (по специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 чел., проголосовали: за - 14 против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель

диссертационного совета



Ткач Сергей Михайлович.

Ученый секретарь

диссертационного совета

Зубков Владимир Петрович

21.12.2023 г.