



СИБИРСКИЙ | SIBERIAN  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ | FEDERAL  
УНИВЕРСИТЕТ | UNIVERSITY

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Сибирский федеральный университет»

660041, Красноярский край,  
г. Красноярск, проспект Свободный, д. 79  
телефон: (391) 244-82-13, тел./факс: (391) 244-86-25  
http://www.sfu-kras.ru, e-mail: office@sfu-kras.ru

ОКПО 02067876; ОГРН 1022402137460;  
ИНН/КПП 2463011853/246301001



ФГАОУ ВО «Сибирский  
федеральный университет»

Денис Сергеевич Гуц

*Д.С. Гуц*

2023г.

№ \_\_\_\_\_  
на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

## ОТЗЫВ

### ведущей организации

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет» на диссертационную работу **Винокурова Василия Романовича** «Разработка и обоснование рациональных конструктивно-режимных параметров центробежных мельниц многократного ударного действия», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. «Геотехнология, горные машины»

### **Актуальность темы диссертационной работы.**

Процесс измельчения горных пород является наиболее энергоемким и капиталоемким на горно-обогатительном производстве. Повышение эффективности данного процесса является весьма актуальной задачей. Перспективы решения указанной задачи многие современные исследователи связывают с совершенствованием ударных методов измельчения за счет организации в рабочей зоне многократных динамических воздействий на разрушаемые частицы. Одним из основных технических средств реализации этого способа измельчения горных пород являются центробежные мельницы,

изысканию рациональных параметров которых посвящена рецензируемая диссертация.

Защищаемые научные положения, выводы и рекомендации Винокурова В.Р. достоверны и хорошо обоснованы, поскольку базируются на современном научном представлении о процессах измельчения рудных материалов, а также на результатах экспериментальных исследований на лабораторных и опытно-промышленных установках и оборудовании и на компьютерных моделях. Опытно-промышленный образец центробежной ступенчатой мельницы ЦМВУ-800 получил положительные оценки при испытаниях на различных горнодобывающих предприятиях.

**Связь работы с планами соответствующих отраслей науки и народного хозяйства.**

Исследования по диссертационной работе выполнены в рамках плановых НИР ИГДС СО РАН и реализованы в разработке опытно-промышленного образца центробежной ступенчатой мельницы ЦМВУ-800, который был успешно испытан при переработке руд месторождений Одолго и Задежинское, а также при переработке крупно-объемных проб ряда рудных месторождений (Люнкидали, Нежданинское, Малтан, Сентачан, Гурбей, Аркачан, Малый Тарын, Вертикальное).

Разработанная в диссертации методика расчета скорости столкновения частиц с рабочими органами центробежных мельниц многократного ударного действия позволяет определять их рациональные конструктивные и режимные параметры при измельчении рудных материалов разной крупности и крепости, и может быть использована при проектировании данного оборудования. Результаты исследований и испытаний оборудования используются в учебном процессе по курсу переработки и обогащения руд полезных ископаемых в СВФУ им. М.К. Аммосова.

**Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

На основе экспериментальных исследований установлено, 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.

Установлено, что наиболее эффективное разрушение кусковых рудных материалов в центробежных мельницах многократного ударного действия достигается за счет применения специальной ступенчатой конструкции рабочих органов: активатора и противоположно вращающегося отражателя.

Разработана математическая модель и методика 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 позволяет определять наиболее рациональные режимы работы мельницы для измельчения частиц различной крупности и крепости.

На основе экспериментальных данных установлены зависимости разрушения частиц разной крупности и крепости по выходу контрольного класса крупности  $-0,071$  мм от конструктивных и режимных параметров рабочих органов центробежной ступенчатой мельницы, позволяющие прогнозировать эффективность их разрушения.

На основе ранних теоретических и экспериментальных исследований разработан и защищен патентами РФ ряд новых мельниц многократного ударного действия (патенты РФ: №2150323, патент РФ №2193447), которые были развиты автором в части подачи и получения патентов на изобретение РФ (№ 2209668, №2198028, № 2416463, № 2746502, №2365411, №2281809, № 2456100) и патента на полезную модель РФ (№ 94168).

**Значимость для науки и производства (практики) полученных автором диссертации результатов.**

1. Повышение эффективности измельчения рудных материалов в мельницах с ударным принципом работы достигается за счет организации многократных динамических воздействий в рабочей зоне, образованной между противоположно вращающимися рабочими органами разной формы (ступенчатой, конусной, дисковой), при этом обосновано, что наилучшие результаты по дезинтеграции минерального сырья дает ступенчатая форма рабочего органа.

2. На основе проведенных экспериментальных исследований дезинтеграции рудных частиц установлены зависимости разрушения частиц разной крепости и крупности от скорости столкновения, а также критические скорости разрушения частиц разной крупности и крепости по шкале Протоdjeяконова.

3. Разработана методика расчета необходимой критической скорости столкновения для разрушения частиц крупностью от 1 до 10 мм разной крепости по шкале Протоdjeяконова с использованием разработанного центробежного лабораторного стенда.

4. Разработанные конструкции центробежных мельниц многократного ударного действия и технологии для сухого измельчения рудных материалов защищены патентами РФ (патенты на изобретение РФ № 2209668, №2198028, № 2416463, № 2746502, №2365411, № 2281809, № 2456100, № 94168).

5. Разработана математическая модель и методика расчета скорости столкновения частицы с рабочим органом трехступенчатой мельницы в зависимости от заданной окружной скорости и геометрических параметров рабочих органов, что позволяет определять наиболее рациональные режимы ее работы при измельчении частиц разной крупности и крепости.

6. Натурные испытания опытно-промышленного образца ступенчатой мельницы ЦМВУ-800 в процессе поисково-разведочных работ и опытно-промышленной отработки рудопроявления Одолго показали принципиальную возможность эффективного использования центробежных мельниц многократного динамического воздействия в технологических схемах

рудоподготовки, составляющих конкуренцию с традиционным «мокрым» измельчением в шаровых мельницах.

7. По результатам исследований на лабораторной модели и на опытно-промышленном образце ступенчатой мельницы ЦМВУ-800 установлены зависимости эффективности измельчения от их рабочих параметров. На основе данных зависимостей определены рациональные конструктивно-режимные параметры мельницы: количество ступеней 3 шт.; производительность от 4 до 6 т/ч; частота оборотов нижнего рабочего органа 5000 об/мин и верхнего 2000 об/мин; зазор между рабочими органами 20 мм; влажность (льдистость) измельчаемой руды при отрицательных температурах до 40 %.

Следует отметить личный вклад автора, самостоятельно получивший представленные в диссертационной работе результаты экспериментальных исследований, начиная от лабораторных стендовых исследований до испытаний опытно-промышленного образца ступенчатой мельницы ЦМВУ-800. Судя по публикациям и апробациям результатов работы на научных конференциях Винокуров В.Р. принимал самое непосредственное участие на всех этапах исследований по постановке задач, разработке и созданию 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.

#### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.**

Результаты диссертационной работы и ее научные положения могут быть использованы:

-горнодобывающими предприятиями в рудоподготовительных процессах при измельчении рудных материалов;

-при проектировании центробежных мельниц ударного действия;

-в учебном процессе ВУЗов горного профиля и программах повышения квалификации специалистов по рудоподготовительным процессам минерального сырья.

Разработанная методика расчета скорости столкновения частиц с рабочими органами центробежных мельниц многократного ударного действия может быть использована для определения их конструктивных параметров и рациональных режимов работы при проектировании.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и результатов, изложенных в диссертации, подтверждается корректностью постановки задач, решением их с использованием современных методов исследований, достаточным объемом экспериментальных исследований, сходимостью расчетных данных с показателями, полученными при реализации в опытно-лабораторных условиях, непротиворечивостью полученных результатов и выводов.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы комплексного освоения месторождений полезных ископаемых криолитозоны» (г. Якутск, 2005), Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти чл.-корр. РАН Новопашина М.Д. «Геомеханические и геотехнологические проблемы эффективного освоения месторождений твердых полезных ископаемых северных и северо-восточных регионов России» (г. Якутск, 2011, 2015, 2017, 2019, 2021 гг.), Конференции с участием иностранных ученых «Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды» (г. Новосибирск, 2012 г.), X Конгрессе обогатителей СНГ (г. Москва, 2015 г.), VI Всероссийской научной конференции с участием иностранных ученых "Проблемы комплексного освоения георесурсов" (г. Хабаровск, 2016 г.), VIII Евразийском симпозиуме по проблемам прочности материалов и машин для регионов холодного климата. (г. Якутск, 2018 г.), IX Всероссийской научно - практической конференции «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо - Востока России», (Якутск, 2019 г.), X Всероссийской

научно-практической конференции с международным участием «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России» (г. Якутск, 2020 г.).

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 153 наименований и 9 приложений. Общий объем работы – 186 страниц машинописного текста, 77 рисунков, 40 таблиц.

Замечания по диссертационной работе:

1. На рис. 2.2 и 2.3 не полностью приведены расшифровки обозначений.
2. Почему не были продолжены дальнейшие исследования с другой формой рабочих органов (конусной, дисковой)?
3. Стр. 49 «Угол конуса равен 45 градусам», почему изначально выбран именно такой угол?
4. Не совсем понятен критерий разрушения единичного куска более чем в два раза (стр.81).
5. На стр. 117 «Работа мельницы сопровождалась выделением большого количества тонкодисперсной пыли». Какое именно количество измельчаемого рудного материала уходит в виде пыли?
6. Рекомендации по пылеподавлению, представленные в параграфе 4.2 носят только рекомендательный характер или они уже учтены и приняты заводом изготовителем?
7. В табл. 2.9 не корректное обозначение классов крупности.
8. На стр. 100 «происходит повышение степени измельчения за счет вторичных ударных нагрузок на частицы» для наглядности кроме рисунка нужно было бы добавить результаты измельчения и в табличной форме.

Автореферат диссертации правильно и полно отражает ее содержание, актуальность темы исследования, новизну и значимость полученных результатов, содержит все положения и выводы.

Основные положения исследований отражены в 29 публикациях, в том числе в 16 статьях в научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, в 5 изданиях, индексируемых в системе Scopus и Web of Science, 7 патентах РФ на изобретение и 1 патенте РФ на полезную модель.

### **Заключение.**

Диссертационная работа Винокурова Василия Романовича «Разработка и обоснование рациональных конструктивно-режимных параметров центробежных мельниц многократного ударного действия» 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, что имеет важное значение в части импортозамещения горного измельчительного оборудования.

Приведенные выше замечания не являются принципиальными при оценке общей значимости выполненных исследований и не снижают научного и практического значения диссертационной работы.

Диссертационная работа соответствует критериям, установленным пунктами 9 – 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842 (в редакции от 26 сентября 2022 г. №1690), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и паспорту специальности 2.8.8. «Геотехнология, горные машины», по пункту 1 «Научные основы создания и развития технологий и оборудования для комплексного освоения и сохранения недр в различных горно-геологических и природно-климатических условиях», а ее автор Винокуров Василий Романович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. «Геотехнология, горные машины».

Диссертационная работа Винокурова Василия Романовича «Разработка и обоснование рациональных конструктивно-режимных параметров центробежных мельниц многократного ударного действия» представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. «Геотехнология, горные машины», рассмотрена и коллективно обсуждена на расширенном заседании кафедры горных машин и комплексов Сибирского федерального университета, одно из основных направлений научно-исследовательской



деятельности которой соответствует тематике диссертационной работы Винокурова В.Р. (протокол № 2 от 26.10.2023 г.).

Подготовленный отзыв на диссертационную работу Винокурова В.Р. доктором технических наук, заведующим кафедры «Горные машины и комплексы» Мориним Андреем Степановичем утвержден в качестве официального отзыва ведущей организации.

Я, Морин Андрей Степанович, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Заведующий кафедрой «Горные  
машин и комплексы» доктор  
технических наук  
(специальность 25.00.22 –  
Геотехнология (подземная,  
открытая и строительная))

 Морин Андрей Степанович

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Сибирский федеральный университет»,  
660041, г.Красноярск, пр. Свободный, 79.

Тел/факс +7 (391) 206-22-22; 244-86-25.

E-mail: [office@sfu-kras.ru](mailto:office@sfu-kras.ru).

Сайт: <https://www.sfu-kras.ru/>

