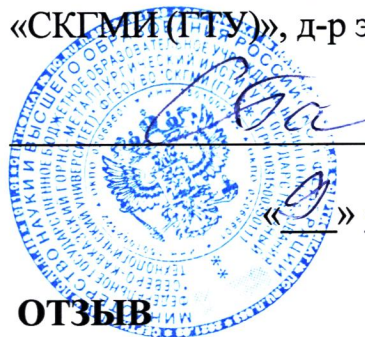


УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор – проректор по научной работе, инновационной деятельности и стратегическому развитию ФГБОУ ВО «СКГМИ (ГТУ)», д-р экон. наук, профессор



С.В. Галачиева

«09» сентября 2026 г.

ОТЗЫВ

ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ – ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ГОРНО-
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

на диссертацию Власенко Дмитрия Алексеевича на тему «Разработка комплекса научно-технических решений по повышению эффективности процессов дробления металлургического сырья в дробильно-измельчительных машинах», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.21. Машины, агрегаты и технологические процессы

Актуальность темы выполненной работы

Изложенные в научно-технической литературе представления о процессах дробления материалов в ударных дробилках на сегодняшний день пока еще недостаточно точны, а степень разработки существующих методик определения основных параметров различных способов дробления все еще не достигла должного совершенства. Этим обусловлена актуальность темы диссертационной работы, связанная с необходимостью более достоверного определения показателей основных этапов процесса дробления различных материалов и фактического определения основных конструктивно-технологических параметров дробильно-измельчительных машин.

На металлургических предприятиях в настоящее время для дробления и измельчения шихтовых материалов и готовой продукции используются различные типы дробилок. Их исполнение, особенности конструкции рабочих органов, способ наложения разрушающей нагрузки оказывают значительное влияние на эффективность дробильных машин. В связи с этим

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова»	
за №	
Дата регистрации	<u>24.09.2026</u>
Фамилия регистратора	

возникает необходимость их совершенствования с целью повышения эффективности процессов фракционной подготовки.

Основное внимание в представленной диссертационной работе Власенко Д.А. уделено важной научно-практической проблеме – теоретическим и экспериментальным исследованиям технологических, эксплуатационных, и энергосиловых параметров зубчатых роторных, валковых и молотковых дробильно-измельчительных машин и совершенствованию их рабочих органов, отдельных узлов и механизмов. Ее решение позволяет снизить энергопотребление, увеличить срок эксплуатации рабочих органов с одновременным увеличением выхода годной продукции в условиях процесса дробления металлургического сырья.

Выводы и рекомендации по этому вопросу необходимы для оценки различных показателей дробильно-измельчительных процессов при фракционной подготовке различных материалов в зубчатых роторных, валковых и молотковых дробилках. Они могут быть использованы в рамках комплекса научно-исследовательских работ по совершенствованию процессов дробления и позволят улучшить показатели эффективности фракционной подготовки различных материалов, повысить производительность, энергоэффективность и надежность дробильного оборудования.

Оценка структуры, содержания и оформления диссертационной работы

Диссертационная работа и автореферат структурированы и оформлены в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11–2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

Во *введении* обосновывается актуальность проблемы исследования, дается общая оценка степени ее изученности, а также содержится описание научного аппарата диссертационной работы, формулируется объект, предмет, цель и задачи исследования, определяются теоретико-методологические основы исследования, применяемые методы и методики, указываются база исследования и его этапы, определяется научная новизна, теоретическая и практическая значимость, представлены сведения об апробации и внедрении результатов исследования, обозначены положения, выносимые на защиту.

В рамках *первой главы* проведен анализ влияния фракционного состава шихтовых компонентов на агломерационный и доменный процесс, по результатам которого установлено, что качество дробленого продукта существенно сказывается на эффективности аглодоменного производства. Представлены результаты анализа зависимостей и методов, предназначенных для определения конструктивно-технологических и энергосиловых

параметров различных типов дробилок. На основе анализа конструктивных особенностей дробильно-измельчительных машин предложена их усовершенствованная классификация, в которой роторные зубчатые дробилки выделены в самостоятельный класс.

Вторая глава посвящена разработке, описанию методов и методик верификации и подтверждения адекватности предпосылок, представленных в теоретической части диссертации. В ней отображены алгоритмы проведения экспериментальных исследований для определения ключевых параметров процессов дробления материалов, а также конструктивно-технологических характеристик роторных зубчатых, валковых и молотковых дробильно-измельчительных машин. Также представлены разработанные конечно-элементные модели, с помощью которых исследуется процесс разрушения хрупких сфероидных материалов с различными прочностными свойствами и прочностные характеристики рабочих органов при взаимодействии с материалом при его дроблении.

В **третьей главе** разработана аналитическая зависимость, позволяющая рассчитать значение силы, необходимой для разрушения анизотропных материалов сфероидной формы при сжатии. Достоверность математической модели подтверждена как численным моделированием, основанным на конечно-элементном методе, так и экспериментальными исследованиями процесса разрушения образцов различных материалов в лабораторных условиях. В результате исследований получены значения коэффициентов, характеризующих влияние формы и степени анизотропии прочностных свойств известняка и различных видов твердого топлива, что позволяет более точно определять силовые параметры процесса их разрушения при дроблении.

Четвертая глава посвящена исследованию и разработке научно-технических решений, направленных на усовершенствование роторных зубчатых дробилок. Представлена математическая модель, описывающая взаимодействие зубьев ротора с дробимым материалом в зоне приемного стола и колосников, которая позволила обосновать целесообразность применения роторов с нелинейным расположением зубьев и разработать методику расчета энергосиловых параметров привода. Лабораторные исследования и промышленные эксперименты с различными типами роторов подтвердили адекватность разработанной математической модели.

По результатам исследований, представленных в **пятой главе**, разработаны новые математические подходы и зависимости для моделирования процесса дробления в валковых дробилках. В частности, предложена усовершенствованная зависимость для расчета силы дробления в

дробилках с гладкими валками, что позволило усовершенствовать метод определения энергосиловых показателей привода дробильной машины. Для условий использования рифленых валков разработаны формулы, описывающие взаимосвязь фракции исходного материала с требуемым размером рифли и углом между их центрами. Также разработан новый метод определения силы дробления в валковых дробилках с рифлеными рабочими органами, который позволяет обоснованно выбирать рациональные энергосиловые параметры привода. Адекватность предложенных математических моделей подтверждена результатами моделирования в лабораторных условиях и экспериментальными исследованиями в условиях агломерационного производства.

Глава шесть посвящена математическому описанию процесса соударения дробимого материала и молотков и контактного взаимодействия в зоне колосниковой решетки, что послужило основой для разработки метода определения мощности привода молотковой роторной дробильной машины с колосниковой решеткой. Производственные эксперименты, направленные на определение момента сопротивления на валу ротора, подтвердили адекватность разработанного аналитического подхода. Кроме того, предложен метод исследования прочностных характеристик рабочих органов молотковой дробилки, который позволяет обосновать критерии надежности эксплуатации усовершенствованных молотков при их работе в условиях многоцикловых нагружений.

Седьмая глава содержит информацию об испытаниях и внедрении модернизированных дробилок ДО-1300-2700-61, ДЧГ 900×700 и ДМРиЭ 14,5×13 в агломерационном цехе Алчевского металлургического комбината ООО «ЮГМК». Результаты показали, что усовершенствование дробильно-измельчительных машин существенно сказываются на эффективности фракционной подготовки шихтовых материалов и готовой продукции в условиях аглодоменного производства, способствуя снижению энергопотребления, увеличению производительности, продлению срока службы рабочих органов и улучшению качества дробленого продукта.

В заключении подводятся основные итоги диссертационной работы. Представлены основные результаты мероприятий по повышению эффективности процессов дробления металлургического сырья и их практическая реализация, включая обоснование конструктивно-технологических, режимных и энергосиловых параметров дробильно-измельчительных машин, направленных на увеличение производительности и энергоэффективности, повышение качества продукции и надежности рабочих органов. Даны рекомендации относительно использования

полученных результатов по усовершенствованию дробильно-измельчительных машин, используемых в современных условиях аглодоменного производства металлургических предприятий.

Каждая глава диссертации фокусируется на решении специфических задач, объединенных общей целью – созданию и научному подтверждению новых технических решений по модернизации дробильно-измельчительных машин, что в конечном итоге приводит к повышению эффективности процессов дробления и измельчения металлургического сырья.

Научная новизна полученных результатов

— предложена усовершенствованная классификация дробильно-измельчительных машин по конструктивным особенностям исполнительных органов, в которой зубчатые роторные дробилки рассматриваются как отдельный класс;

— разработан косвенный метод определения энергосиловых параметров привода дробильно-измельчительных машин, реализуемый за счет измерения угловой скорости вращения ротора электродвигателя и дальнейшем расчете момента сопротивления при решении дифференциального уравнения движения электропривода;

— усовершенствована математическая модель деформирования хрупких материалов сфероидной формы деформацией одноосного сжатия, описывающая процесс разрушения эллипсоидных тел с анизотропией прочностных свойств;

— впервые разработана математическая модель контактного взаимодействия зубьев ротора роторной зубчатой дробилки с дробимым материалом в ее рабочем пространстве, математически описаны силовые параметры процесса дробления материала в районе приемного стола и колосников, а также предложен метод определения энергосиловых характеристик привода;

— усовершенствована зависимость силы дробления материала в валковой дробилке с гладкими валками и получил дальнейшее развитие метод определения энергосиловых параметров привода дробилки;

— разработана новая зависимость диаметра рифли сетки рифленого валка валковой дробилки, необходимого для обеспечения условий захвата куска дробимого материала;

— предложена математическая модель процесса дробления материала в валковой дробилке с рифлеными валками, с помощью которой разработан метод определения энергосиловых параметров привода;

— усовершенствованы зависимости угла отклонения молотка при свободном ударе и в зоне колосниковой решетки, а также разработан метод

определения энергосиловых параметров привода молотковой роторной дробильной машины.

Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы

Теоретическая значимость диссертации:

— выделение зубчатых роторных дробилок в отдельный класс дает возможность произвести идентификацию, и на этой основе разработать новые методы исследований конструктивно-технологических и энергосиловых параметров дробильно-измельчительных машин данного класса;

— косвенный метод определения момента сопротивления на валу рабочего органа позволяет экспериментально исследовать энергосиловые параметры привода дробильных машин в процессе дробления, при этом не внося какие-либо изменения в конструкцию;

— определена степень влияния пределов прочности материала на сжатие и растяжение на силу, необходимую для разрушения хрупкого тела сфероидной формы, обладающего анизотропией прочностных свойств;

— математическое описание процесса дробления материала в роторной зубчатой дробилке позволяет выполнить расчет их конструктивно-технологических и энергосиловых параметров;

— усовершенствованное теоретическое описание процесса дробления в валковой дробилке с гладкими валками обеспечивает повышение точности определения энергосиловых параметров привода по сравнению с ранее предложенными методами;

— разработанная зависимость диаметра рифли рифленого вала валковой дробилки позволяет рассчитать конструктивные параметры сетки вала валковой дробилки для обеспечения гарантированного захвата материала в процессе его дробления;

— метод определения энергетических параметров привода валковой дробилки с рифлеными валками обеспечивает возможность аналитически определить необходимую мощность электродвигателя привода;

— метод расчета энергосиловых параметров привода молотковых роторных дробилок позволяет теоретически рассчитать требуемую мощность электродвигателя привода.

Практическая значимость работы:

— усовершенствован ротор дробилки ДО-1300-2700-61 за счет нелинейного расположения зубьев, что обеспечивает снижение количества отсевов агломерата в доменном производстве на 6...7%, степени износа отдельных рабочих органов в 1,2...1,9 раза, мощности привода в 1,5 раза;

— усовершенствована конструкция верхних валков дробилки ДЧГ 900×700 за счет обоснования конструктивных параметров сетки, позволяющая обеспечить снижение содержания мелких фракций в процессе дробления кокса в 1,2...1,8 раза и уменьшить степень износа бандажей в 1,1...1,3 раза;

— с помощью разработанных автором методов определения энергосиловых параметров процесса дробления материала в валковых дробилках с гладкими и рифлеными валками обосновано снижение мощности двигателей приводов верхних валков дробилки ДЧГ 900×700 в 1,5 раза, нижних – в 2,25 раза;

— усовершенствована конструкция молотков дробилки ДМРиЭ 14,5×13 за счет их фиксации в ряду на дополнительной оси, что обеспечивает снижение вероятности их отказов в 14,5 раз и увеличение ресурса ротора в 1,1 раза без потери производительности дробилки и снижения качества продукции;

— на основании предложенной математической модели процесса дробления материала в молотковой дробильной машине с колосниковой решеткой обосновано уменьшение требуемой мощности двигателя дробилки ДМРиЭ 14,5×13 в 1,25 раза.

Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «ЛГТУ» и ФГБОУ ВО «ЛНУ им. В. Даля», внедрены в производственных условиях агломерационного цеха ООО «ЮГМК» Филиал № 1 «АМК» с суммарным экономическим эффектом 98,7 млн. руб. в год, а также приняты к внедрению в агломерационном производстве ООО «Тулачермет» с ожидаемым экономическим эффектом 65,6 млн. руб. в год.

Результаты исследования позволяют определить основные технологические параметры и выполнить анализ эффективности реализации процессов дробления и измельчения различных материалов с учетом конкретных условий подготовки шихтовых материалов на металлургическом предприятии, приблизив при этом к соответствию дробильно-измельчительных машин комплексу требований, обусловленных современными тенденциями развития оборудования агломерационных цехов и производств для фракционной подготовки и обогащения каменно-рудных материалов.

Потенциальными потребителями результатов проведенных исследований являются металлургические предприятия России, Белоруссии, Казахстана и других стран, в агломерационных цехах которых на участках подготовки шихты используются зубчатые роторные, валковые и молотковые дробилки.

Достоверность и обоснованность результатов, выводов и рекомендаций

Достоверность и обоснованность результатов и выводов диссертационной работы обеспечены применением комплекса стандартных и современных методов исследования; согласованностью результатов лабораторных и производственных экспериментов; значительным объемом выполненных экспериментальных данных с их статистико-вероятностной обработкой данных и воспроизводимостью результатов эксперимента; точностью формулировок; отсутствием противоречий с результатами, полученными другими исследователями, и подтверждается широким обсуждением результатов диссертации на всероссийских и международных конференциях, семинарах и в открытой печати. По результатам исследований 19 статей опубликовано в журналах из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук (из них 10 статей без соавторов), в прочих изданиях – 23 работы. Получено 2 патента на изобретение и 7 патентов на полезную модель. По результатам исследований издано 4 монографии.

Анализ содержания основных глав диссертационной работы свидетельствует о полноте и научной обоснованности проведенного автором исследования в теоретическом и экспериментальном направлениях.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Результаты диссертационной работы Власенко Д.А. можно рекомендовать к использованию в работе научных и учебных учреждений, в которых ведутся исследования процессов дробления и измельчения различных материалов, а также на горнодобывающих, коксохимических и металлургических предприятиях, в производстве которых используются технологические процессы фракционной подготовки различных материалов.

Замечания по диссертационной работе:

1. При анализе факторов, влияющих на эффективность доменного процесса, указано, что на скорость восстановления железорудного материала в доменной печи наибольшее влияние оказывает структура кристаллической решетки минерала и геометрический размер куска. При этом общеизвестно, что основную роль в восстановлении куска играет площадь поверхности реакции, а также наличие микротрещин на поверхности куска.

2. В подразделе 1.1.1 указывается, что увеличение среднего размера кусков агломерата существенно сказывается на скорости восстановления оксидов железа в доменной печи, что негативно влияет на эффективность всего доменного процесса. При этом для более полного понимания процесса

необходимо учитывать и тот факт, что в данном случае улучшается газодинамика процесса, а соответственно, это может иметь положительный эффект.

3. Для проведения экспериментальных исследований по определению конструктивно-технологических параметров валковых и роторных зубчатых дробилок в лабораторных условиях использовалось геометрическое подобие, при этом возникает вопрос по поводу необходимости использования критерия подобия механического движения, особенно при исследовании силовых параметров привода.

4. При исследовании процесса разрушения куска материала в валковых дробилках рассматривалось одноосное сжатие. Однако в реальных условиях на дробимый материал силы дробления могут действовать с одной или нескольких граней куска, при этом зачастую силы прилагаются под различными углами.

5. Из графика, представленного на рисунке 4.7., не ясно, что означает пунктирная линия на уровне 1 м.

6. При определении силовых параметров взаимодействия зубьев звездочек ротора однороторной зубчатой дробилки с дробимым материалом при определении толщины аглоспека не учитывается угол контакта рабочей поверхности зубьев звездочек с дробимым материалом. Однако от этого будет зависеть геометрические размеры (толщина) поперечного сечения пирога в плоскости его разрушения.

7. Отсутствуют пояснения, почему на рисунке 5.12 для каждого коэффициента трения дробимого материала радиусы рифлей сетки бандажа имеют различные наибольшие значения.

8. Возникает вопрос, как влияет изменение конструкции верхних валков четырехвалковой дробилки (нанесение рифлей на рабочую поверхность бандажей) на условия эксплуатации дробильной машины в условиях использования влажного сырья. Происходит ли налипание материала на участках бандажей между рифлями, и если да, то какие мероприятия реализовывались для устранения данного недостатка?

9. Регрессионное уравнение, описывающее радиус валика для условий захвата материала, включает в себя два фактора: радиус дробимого куска и межвалковый зазор. Почему автор не рассматривал как дополнительный фактор радиус валка?

10. В формуле (6.1) для определения угла отклонения молотков в процессе дробления материала в молотковой дробилке используется параметр «коэффициент масс молотков и материала» k_m . Нет

целесообразности использования его в таком виде, если можно просто добавить это отношение в зависимость.

11. В результате мероприятий по усовершенствованию ротора зубчатой роторной дробилки существенно снизился номинальный ресурс подшипников ротора. Однако в обосновании экономической эффективности не понятно, учитывалось ли изменение срока службы подшипников при расчете годовых затрат на ремонт и обслуживание ротора.

Заключение

Несмотря на замечания, диссертационная работа Власенко Дмитрия Алексеевича на тему «Разработка комплекса научно-технических решений по повышению эффективности процессов дробления металлургического сырья в дробильно-измельчительных машинах», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.21. Машины, агрегаты и технологические процессы, по своему содержанию, объекту и предмету исследования, актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимостям является законченной научно-квалифицированной работой, в которой представлено решение поставленной проблемы повышения эффективности дробильно-измельчительных процессов металлургического сырья в дробильно-измельчительных машинах, и соответствует п. 1 «Разработка научных и методологических основ, технических и технологических требований к проектированию и созданию новых машин, агрегатов и технологических процессов», п. 6 «Разработка научных и методологических основ повышения производительности машин, агрегатов и технологических процессов и оценки их экономической и энергетической эффективности и ресурса», п. 9 «Разработка научных и методологических основ проектирования и практической реализации технологических процессов и способов получения и обработки материалов, обеспечивающих экологическую безопасность, экономию материальных и энергетических ресурсов, формирующих комплекс свойств, качество и расширяющих номенклатуру изготавливаемой продукции» паспорта научной специальности.

Работа выполнена на высоком теоретическом и методическом уровнях, результаты работы использованы на промышленных предприятиях и внедрены в учебный процесс.

Диссертационная работа «Разработка комплекса научно-технических решений по повышению эффективности процессов дробления металлургического сырья в дробильно-измельчительных машинах» отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к

докторским диссертационным работам, а ее автор Власенко Дмитрий Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.21. Машины, агрегаты и технологические процессы.

Диссертационная работа и автореферат Власенко Д.А., а также отзыв на нее обсуждались и одобрены на расширенном заседании кафедры «Технологические машины и оборудование» электромеханического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ.

Результаты голосования: за – 17 человек, против – нет, воздержались – нет. Протокол заседания кафедры № 1 от 7 сентября 2026 г.

Отзыв составил:

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологические машины и оборудование» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», 362011, Республика Северная Осетия – Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, д. 44, литер «Б, Б1»
тел: +7 (8672) 407-357
e-mail: kafedra-tmo@skgmi-gtu.ru
<https://skgmi-gtu.ru/ru/education/faculties/emf/tmo>



Максимов Руслан Николаевич

Даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных в диссертационном совете 24.2.324.04.

Максимов Руслан Николаевич



Подпись Максимова Р.Н. удостоверяю:
ученый секретарь Ученого Совета
ФГБОУ ВО «СКГМИ (ГТУ)»



Беликова С.Б..