

ОТЗЫВ

официального оппонента,
доктора технических наук, профессора
Никитина Александра Григорьевича

на диссертационную работу 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 тех-
нологические процессы

Диссертационная работа Власенко Дмитрия Алексеевича направлена на решение актуальной научно-технической проблемы повышения эффективности процессов дробления и измельчения металлургического сырья и их практической реализации за счет обоснования конструктивно-технологических, режимных и энергосиловых параметров дробильно-измельчительных машин, позволяющих повысить их производительность и энергоэффективность, а также улучшить качество продукции и обеспечить повышение надежности рабочих органов.

Актуальность избранной темы

Повышение эффективности существующих производств за счет совершенствования технологических процессов и модернизации оборудования для их реализации является актуальной научно-технической проблемой. Ее решение в современных условиях связано с разработкой машин и агрегатов, обладающих более высокой производительностью, сниженным энергопотреблением и увеличенным сроком службы узлов и механизмов в сравнении с известными аналогами.

В агломерационном производстве одной из важных технологических операций является фракционная подготовка сырьевых компонентов и готовой продукции, которая осуществляется с помощью различных типов дробильно-измельчительных машин. В настоящее время одним из перспективных направлений повышения технико-экономических показателей агломерационного процесса является повышение эффективности процессов дробления и совершенствование оборудования для их реализации. В связи с этим исследование физических процессов, протекающих при дроблении и измельчении кусковых материалов, влияющих на качество готовой продукции, производительность применяемой дробильной системы, ее энергоемкость и надежность рабочих органов и механизмов, позволяет разработать рекомендации по обоснованию и выбору конструктивно-технологических и энергосиловых параметров различных типов дробильно-измельчительных машин.

РЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова»	
за № _____	
Дата регистрации	24.06.2026
Фамилия регистратора	

В связи с вышесказанным, диссертационная работа Власенко Д.А., связанная с разработкой комплекса научно-технических решений по повышению эффективности процессов дробления металлургического сырья в дробильно-измельчительных машинах, имеет научно-практическую актуальность.

Структура диссертационной работы

Во **введении** представлены актуальность тематики исследований, цель и задачи работы, а также отображены научная новизна, теоретическая и практическая значимость, сформулированы положения, выносимые на защиту. Кратко описаны методология и методы исследования, приведены данные о степени достоверности и обоснованности результатов и выводов исследования. Отображена апробация полученных результатов, описана структура и объем диссертации, приведены данные о соответствии паспорту специальности и публикациях по теме исследования.

В **первой** главе представлены результаты анализа влияния качественных показателей аглошихты по гранулометрическому составу на эффективность аглодоменного производства. Установлено, что фракционный состав агломерата, аглофлюсов и твердого топлива непосредственно сказывается на технико-экономических показателях агломерационного и доменного процесса. Отображены результаты анализа существующих зависимостей, методик и методов определения различных параметров отдельных типов дробилок и измельчителей. Предложена усовершенствованная классификация дробильно-измельчительных машин, согласно которой роторные зубчатые дробилки определяются как отдельный класс дробильно-измельчительных машин.

Вторая глава посвящена описанию используемых в диссертации методик и методов экспериментальных исследований, направленных на подтверждение адекватности и верификацию разработанных математических методов и моделей. Представлены методики определения характерной формы и пределов прочности кусковых материалов неправильной формы, исследований динамических процессов в валковых дробилках, проведения экспериментальных исследований захвата материала в физической модели валковой дробилки с рифлеными валками и энергосиловых параметров процесса дробления материалов в физической модели зубчатой роторной дробилки. Изложен алгоритм реализации косвенного метода определения момента сопротивления, действующего на валу исполнительного органа и электродвигателя дробильно-измельчительных машин в процессе дробления. На основе конечно-элементного метода разработаны способы верификации метода описания процесса разрушения хрупких материалов сфероидной формы с анизотропией прочностных свойств и прочностных параметров рабочих органов дробилок.

В **третьей** главе предложены результаты разработки математической модели процесса разрушения анизотропных материалов со сфероидной харак-

терной формой одноосным сжатием, прошедшая верификацию с помощью конечно-элементного метода. Представлены результаты экспериментального исследования процесса разрушения хрупких анизотропных материалов сферической формы в лабораторных условиях, подтвердившее адекватность математической модели. Получены численные значения коэффициентов, учитывающих характерную форму и степень анизотропии прочностных свойств известняка и твердого топлива, с помощью которых повышена точность аналитических расчетов при определении силовых параметров процесса их разрушения.

В **четвертой** главе, посвященной разработке комплекса научно-технических решений по совершенствованию роторных зубчатых дробилок, разработано математическое описание процесса контактного взаимодействия зубьев звездочек ротора с пирогом дробимого материала на стадии дробления в районе приемного стола и колосников. Представлены результаты моделирования в лабораторной установке и экспериментальных исследований в производственных условиях агломерационного производства процесса дробления в роторной зубчатой дробилке с различными типами роторов, на основании которых подтверждена адекватность математической модели и обоснована эффективность использования в зубчатой роторной дробилке роторов с нелинейным расположением зубьев звездочек.

В **пятой** главе предложены методы и аналитические зависимости, описывающие процесс дробления материала в валковых дробилках. Уточнена зависимость силы дробления материала в валковой дробилке с гладкими валками, с помощью которой усовершенствован метод определения энергосиловых показателей привода. Представлена зависимость размера рифли и угла между центрами соседних рифлей сетки рифленых валков. Представлен метод определения силы дробления материала в валковой дробилке с рифлеными валками, позволяющий обосновать требуемую мощность электродвигателя привода. Представленные результаты моделирования в лабораторной установке и экспериментальных исследований в производственных условиях производства подтверждают адекватность разработанных математических моделей.

В **шестой** главе отображены результаты разработки теоретического описания процесса контактного взаимодействия дробимого материала и молотков при свободном ударе и в зоне колосниковой решетки, с помощью которого разработан метод определения мощности привода молотковой роторной дробилки, позволяющий рассчитать требуемую мощность электродвигателя дробилки. Представлены результаты экспериментальных исследований по определению момента сопротивления, действующего на валу ротора молотковой дробилки, подтвердивших адекватность математической модели. Разработан метод исследования прочностных характеристик рабочих органов молотковой

дробилки, позволяющий обосновать условия надежности ударных рабочих органов молотковой роторной дробилки.

В **седьмой** главе отображены результаты производственных испытаний зубчатой роторной дробилки ДО-1300-2700-61, четырехвалковой дробилки ДЧГ 900×700 и молотковой дробилки ДМРиЭ 14,5×13 в условиях аглофабрики АМК ООО «ЮГМК», на основании которых установлено повышение эффективности дробильно-измельчительных процессов за счет снижения их энергоемкости, повышения производительности, увеличения ресурса рабочих органов дробильных машин, а также повышения качества готового продукта.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы

Автор по результатам предварительно выполненных литературного обзора и патентного поиска информации, посвященной технологиям дробления и измельчения различных материалов и перспективам их дальнейшего развития, достаточно убедительно обосновал необходимость совершенствования существующих дробильных машин, которое должно выполняться с учетом особенностей процесса взаимодействия их рабочих элементов с дробимым материалом. При этом соискатель из всего комплекса факторов, влияющих на эффективность функционирования дробильной системы, в качестве наиболее значимых предложил рассматривать производительность дробилок, расходуемую ими мощность и обеспечиваемую при этом степень измельчения и качество готовой продукции, а также надежность рабочих органов.

На основании выполненного сопоставительного анализа достоинств и недостатков существующих дробильно-измельчительных машин, а также теоретических зависимостей, предложенных предшественниками для описания процессов дробления кусковых материалов, в представленной к защите диссертационной работе в качестве приоритетных выбраны направления исследований, связанные с повышением эффективности работы дробилок различного типа за счет достижения при их эксплуатации необходимого качества дробленого материала, требуемой степени дробления материалов, повышения энергоэффективности и снижения износа рабочих органов, что обеспечено путем обоснования различных параметров исследуемых дробильно-измельчительных процессов.

Обоснованность предложенных в работе математических моделей для описания процессов разрушения металлургического сырья и обоснования основных параметров дробильно-измельчительных машин подтверждены тем, что входящие в них аналитические зависимости получены с учетом классических теоретических положений, а также прошли проверку на адекватность в ходе проведенных экспериментальных исследований в лабораторных и произ-

водственных условиях с применением современных сертифицированных контрольно-измерительных приборов.

Научная новизна и теоретическая значимость результатов, полученных автором при подготовке диссертации, заключается в том, что в ней:

– усовершенствована классификация дробильно-измельчительных машин, согласно которой зубчатые роторные дробилки рассматриваются как отдельный класс, позволяющая произвести идентификацию, и на этой основе разработать инновационные методы исследований их конструктивно-технологических и энергосиловых параметров;

– разработана математическая модель разрушения анизотропных хрупких материалов сфероидной формы при одноосном сжатии, обеспечивающая повышение точности определения силы, необходимой для разрушения куска дробимого материала;

– математически описан процесс взаимодействия зубьев ротора роторной зубчатой дробилки с дробимым материалом в районе приемного стола и колосников, а также разработан метод определения энергосиловых характеристик привода, которые позволяют произвести расчет конструктивно-технологических и энергосиловых параметров машины;

– предложена новая зависимость диаметра рифли сетки рифленого валка валковой дробилки, которая позволяет рассчитать конструктивные параметры сетки валка валковой дробилки для обеспечения захвата дробимого куска в процессе дробления;

– предложен метод определения энергосиловых параметров привода валковой дробилки с рифлеными валками, который дает возможность определить требуемую мощность ее электродвигателя;

– получило дальнейшее развитие математическое описание процесса дробления материала в молотковых роторных дробилках, позволяющее теоретически рассчитать требуемую мощность электродвигателя привода.

Практическая значимость работы:

- за счет использования нелинейного расположения зубьев на роторе дробилки ДО-1300-2700-61 обеспечено 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;

- за счет обоснования размеров сетки рифленого верхнего валка усовершенствована конструкция дробилки ДЧГ 900×700, которая позволила обеспечить снижение содержания мелких фракций кокса в 1,2...1,8 раза и уменьшить степень износа бандажей валков в 1,1...1,3 раза;

- с помощью разработанных методов определения энергосиловых параметров процесса дробления материала в валковых дробилках обеспечено

снижение мощности электродвигателей приводов валков дробилки ДЧГ 900×700 в 1,5...2,25 раза;

- за счет модернизации ударных рабочих органов дробилки ДМРиЭ 14,5×13 обеспечено снижение вероятности отказов молотков в 14,5 раз и увеличение ресурса ротора в 1,1 раза;

- с помощью разработанной математической модели процесса дробления материала в молотковой дробилке обосновано снижение мощности двигателя привода дробилки ДМРиЭ 14,5×13 в 1,25 раза;

- результаты исследований прошли успешное испытание и внедрены в агломерационном производстве ООО «ЮГМК» Филиал № 1 «АМК» с суммарным экономическим эффектом 98,7 млн. руб. в год, приняты к внедрению в агломерационном цехе ООО «Тулачермет» с ожидаемым экономическим эффектом 65,6 млн. руб. в год, а также используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «ЛГТУ» и ФГБОУ ВО «ЛНУ им. В. Даля».

Достоверность представленных результатов, обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, представленных диссертации подтверждаются приведенным объемом проанализированной и систематизированной информации о дробильно-измельчительных процессах, использованием апробированных методов исследований и научных теорий, адекватностью, достоверностью и верификацией предложенных математических моделей, подтвержденными результатами конечно-элементных и экспериментальных исследований, проведенных в лабораторных и производственных условиях, достаточным соответствием полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований, повышением технико-экономических показателей работы усовершенствованных дробильно-измельчительных машин в производственных условиях.

Публикации по теме диссертации. Результаты диссертационной работы отражены в 55 публикациях, в том числе: 19 статей из перечня, рекомендованного ВАК, в рецензируемых изданиях, входящих в RSCI и индексируемых в международных базах данных; 2 патента РФ на изобретение; 7 патентов РФ на полезную модель; 4 монографии; 23 публикации в прочих изданиях.

Текст диссертации и автореферата написан доступным научным языком. Содержание диссертационной работы ясно раскрывает постановку, методы исследований и результаты решения рассмотренных задач. Автореферат в полной мере отражает содержание основных результатов и положений, представленных в диссертации.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация Власенко Д.А. по своей цели, задачам, содержанию и научной новизне соответствует паспорту специальности 2.5.21. Машины, агрегаты и технологические процессы по пп. 1 «Разработка научных и методологиче-

ских основ, технических и технологических требований к проектированию и созданию новых машин, агрегатов и технологических процессов», 6 «Разработка научных и методологических основ повышения производительности машин, агрегатов и технологических процессов и оценки их экономической и энергетической эффективности и ресурса», 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».

Замечания:

1. Работа не в полной мере структурирована по части отдельного выделения теоретического и методического раздела, из-за чего эта информация отчасти размыта по отдельным главам, а также в цитировании информации из чужих литературных источников, перемежающейся вместе с собственными результатами.

2. При анализе графиков, отображенных на рисунках 4.16 и 4.17, не представлены пояснения причин возникновения пиковых значений момента сопротивления, возникающего на валу ротора роторной зубчатой дробилки в процессе дробления. Это затрудняет понимание самого механизма взаимодействия рабочего органа дробильной машины с дробимым материалом.

3. В разработанных математических моделях валковых дробилок для определения энергосиловых параметров привода не учитывается сила действия подпора вновь загружаемого материала.

4. На графике (рис. 5.24) допущена опечатка: по оси x указаны неверные значения силы дробления. Силы дробления необходимо указывать в кН.

5. Нет пояснений, с чем связано резкое увеличение момента сопротивления на валу ротора молотковой дробилки на участке от 0 до t_1 , представленном на рисунке 6.8.

Однако указанные замечания не снижают значимости основных теоретических и практических результатов диссертационной работы, которые будут полезны специалистам проектных организаций при расчете и конструировании новых образцов дробильно-измельчительного оборудования и востребованы работниками предприятий, занятых ремонтом и техническим обслуживанием оборудования на производственных участках, где используются процессы дробления различных материалов на этапах фракционной подготовки различных материалов.

Заключение

Диссертационная работа Власенко Д.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой автором лично решена актуаль-

ная научно-техническая проблема повышения эффективности процессов дробления металлургического сырья в дробильно-измельчительных машинах. Представленное исследование характеризуется обоснованностью выносимых на защиту научных положений, выводов и рекомендаций. По своим целям, задачам, содержанию, методам исследований диссертационная работа, представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, соответствует специальности 2.5.21. Машины, агрегаты и технологические процессы. В работе содержится решение важной, имеющей значение для машиностроительной и металлургической отрасли, проблемы создания научно-технических основ совершенствования дробильно-измельчительных машин для повышения эффективности дробильно-измельчительных процессов. Практическое использование результатов представленной к защите диссертации позволило получить подтвержденный существенный экономический эффект.

Считаю, что диссертация «Разработка комплекса научно-технических решений по повышению эффективности процессов дробления металлургического сырья в дробильно-измельчительных машинах» соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», 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.

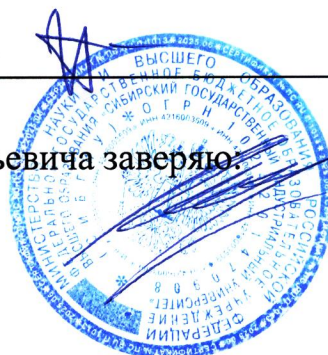
Официальный оппонент,
доктор технических наук по специальности 05.03.05 – «Технологии и машины обработки давлением», профессор, профессор кафедры механики и машиностроения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет», 654007, Кемеровская область - Кузбасс, г. Новокузнецк, Центральный р-н, ул. Кирова, зд. 42.; +7 (3843) 77-79-79; rector@sibsiu.ru.

«16» июня 2026 г.  Никитин Александр Григорьевич

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

Никитин Александр Григорьевич _____

Подпись Никитина Александра Григорьевича заверяю:
начальник отдела кадров СибГИУ



Миронова Т.А.