

ОТЗЫВ

официального оппонента,
доктора технических наук, профессора Лагуновой Юлии Андреевны
на диссертацию Власенко Дмитрия Алексеевича
«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

Структура и объем работы

На отзыв представлена диссертация на 408 страницах, включающих 110 рисунков и 40 таблиц, состоящая из введения, 7 глав, заключения, списка литературы, содержащего 429 наименований, 6 приложений; автореферат на 45 страницах.

Актуальность избранной темы диссертационной работы.

Актуальность исследований подтверждается тем, что на основании многочисленных исследований установлено значительное влияние гранулометрического состава шихтовых материалов и готовой продукции на эффективность аглодоменного процесса, при этом себестоимость и качество дробленого продукта существенно сказывается на технико-экономических показателях производства агломерата и чугуна.

При дроблении шихтовых материалов в агломерационном производстве широкое распространение получили зубчатые роторные, валковые, молотковые и роторные дробилки. Однако они имеют ряд существенных недостатков, таких как: неравномерность гранулометрического состава получаемого продукта, высокое содержание мелкой и пылевидной фракций готового продукта, интенсивный износ рабочих органов, значительная энергоемкость процесса дробления и т.д. В связи с этим, важным вопросом повышения эффективности дробильно-измельчительных машин является решение проблемы разработки нового или усовершенствования существующего оборудования для дробления и измельчения различных материалов, обеспечивающее снижение энергоемкости, повышение производительности процесса и надежности машин, а также обеспечения требуемого гранулометрического состава дробленого продукта.

Таким образом, создание технических средств, используемых для дробления и измельчения металлургического сырья с получением качественного, однородного готового продукта заданного гранулометрического состава представляет практический интерес. А исследования, направленные на минимизацию удельных затрат электроэнергии и повышение надежности оборудования за счет усовершенствования рабочих органов, узлов и механизмов дробильно-измельчительных машин являются весьма актуальной научно-технической проблемой.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертации

Основные положения диссертации научно обоснованы, логично выстроены и подтверждены комплексом экспериментальных исследований. На

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова»	
за №	
Дата регистрации	18.09.2026
Фамилия регистратора	

основании анализа и обобщения научно-технических достижений в области дробления и измельчения различных материалов автором проведен ряд теоретических исследований с использованием отдельных положений теоретической механики, физики сплошных сред, аналитической геометрии, математического анализа и численных методов. Экспериментальные исследования выполнены в условиях повторяемости в комплексе с корректной математической и статистической обработкой результатов.

Следует подчеркнуть, что автор продемонстрировал глубокое понимание исследуемой проблемы и корректно выбрал методы для решения поставленных задач. Представленные материалы отличает высокая степень структурированности, а примененные подходы верификации и подтверждения адекватности теоретических исследований соответствуют современным стандартам научных исследований.

Научная новизна результатов, заключается в том, что в диссертационной работе:

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

- разработан новый метод по определению энергосиловых параметров привода дробилок, реализуемый с помощью измерения угловой скорости вращения ротора двигателя, в процессе дробления и дальнейшему расчету момента сопротивления при решении уравнения движения электропривода;

- усовершенствована математическая модель разрушения хрупких анизотропных материалов шарообразной формы одноосным сжатием, учитывающая помимо предела прочности на сжатие разрушаемого материала его предел прочности на растяжение;

- впервые разработан метод определения энергосиловых характеристик привода роторной зубчатой дробилки с учетом условий взаимодействия зубьев ротора с дробимым материалом и силовых параметров процесса разрушения материала в районе приемного стола и колосников;

- получила дальнейшее развитие зависимость силы дробления за счет учета распределения материала по рабочей поверхности валка, а также усовершенствован метод определения энергосиловых параметров привода валковой дробилки с гладкими валками с учетом угла точки приложения и зависимости силы дробления;

- предложена новая зависимость диаметра рифленого валка валковой дробилки от конструктивных параметров бандажа и физико-механических свойств материала для обеспечения условий его захвата;

- предложен метод определения энергосиловых параметров привода валковой дробилки с рифлеными валками, основанный на математической модели процесса дробления материала в рабочем пространстве валков;

- усовершенствованы зависимости угла отклонения ударного рабочего органа при свободном ударе с дробимым материалом и в зоне колосниковой

решетки с учетом сил трения на оси подвеса, а также разработан метод определения энергосиловых параметров привода молотковой роторной дробильной машины.

Теоретическая значимость результатов, заключается в том, что:

- на основании усовершенствованной классификации дробильно-измельчительных машин, при которой зубчатые роторные дробилки выделяются как отдельный класс, произведена идентификация, и на этой основе разработаны новые методы исследований конструктивно-технологических и энергосиловых параметров дробильно-измельчительных машин такого класса;

- предложенный косвенный метод определения момента сопротивления, действующего на валу рабочего органа, позволяет экспериментально исследовать энергосиловые параметры привода дробильных машин без внесения изменений в конструкцию их привода;

- установлена степень влияния пределов прочности материала на сжатие и растяжение на значение силы, необходимой для разрушения хрупкого тела сфероидной формы, обладающего анизотропией прочностных свойств;

- разработанное математическое описание процесса дробления материала в роторной зубчатой дробилке, позволяют выполнить расчет их конструктивно-технологических и энергосиловых параметров и подтвердить повышение эффективности при использовании в дробилке роторов с нелинейным расположением зубьев;

- теоретическое описание процесса дробления в валковой дробилке учитывает распределение материала по рабочей поверхности бандажа, что обеспечивает повышение точности при определении энергосиловых параметров привода валковых дробилок с гладкими валками в 1,2...3,5 раза по сравнению с существующими методами;

- установленная зависимость диаметра рифленого валка валковой дробилки позволяет рассчитать рациональные конструктивные параметры сетки валка валковой дробильно-измельчительной машины для обеспечения захвата дробимого куска в процессе дробления;

- разработанный метод по определению силовых параметров процесса дробления материала в валковой дробилке с рифлеными валками дает возможность рассчитать рациональные энергосиловые параметры ее привода;

- предложенный метод расчета энергосиловых параметров привода молотковых роторных дробилок позволяет теоретически определить требуемую мощность ее электродвигателя.

Практическая значимость работы.

- Модернизация дробилки ДО-1300-2700-61 обеспечивает снижение количества отсевов агломерата в доменном производстве на 6...7 %, степени износа рабочих органов в 1,2...1,9 раза, мощности привода в 1,5 раза.

- Усовершенствование дробилки ДЧГ 900×700 позволяет обеспечить снижение содержания мелких фракций кокса в 1,2...1,8 раза и уменьшить степень износа валков в 1,1...1,3 раза.

– Обосновано снижение необходимой мощности электродвигателей приводов дробилки ДЧГ 900×700 в 1,5 раза (верхних валков), в 2,25 раза (нижних валков).

– Усовершенствование рабочих органов дробилки ДМРиЭ 14,5×13 обеспечивает снижение количества отказов молотков в 14,5 раз и мощности электродвигателя привода в 1,25 раза, а также увеличение ресурса ротора в 1,1 раза.

– Результаты исследований используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «ЛГТУ» и ФГБОУ ВО «ЛНУ им. В. Даля», внедрены на аглофабрике ООО «ЮГМК» Филиал № 1 «АМК» (экономический эффект составил 98,7 млн. руб. в год), а также приняты к внедрению в агломерационном цехе ООО «Тулачермет» (ожидаемый экономический эффект – 65,6 млн. руб. в год).

Достоверность представленных результатов, рекомендаций и выводов

Научные положения, рекомендации и выводы, сформулированные в диссертации, обоснованы использованием теоретических зависимостей, допущений и ограничений, корректностью выбранных методов исследования, применением известных аналитических и численных методов, современных методов постановки экспериментальных исследований и статистической обработки результатов, качественным и количественным согласованием результатов расчетов с экспериментальными данными.

Экспериментальные исследования были проведены с использованием типового оборудования, сертифицированных измерительных приборов. Представленные автором диссертации описания конструкций физических моделей для лабораторных исследований и дробильно-измельчительных машин для производственных испытаний, используемых для проведения экспериментальных исследований, основных и вспомогательных средств для определения, измерения и регистрации исследуемых показателей и параметров, дают основание сделать заключение об адекватности и достоверности полученных результатов.

Публикации по теме исследования.

В период подготовки диссертации автором опубликовано 19 статей из перечня, рекомендованного ВАК, а также в рецензируемых изданиях, входящих в RSCI и индексируемых в международных базах данных (Web of Science и Scopus); 2 патента РФ на изобретение; 7 патентов РФ на полезную модель; 4 монографии; 23 публикации в прочих изданиях.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертационная работа Д.А. Власенко соответствует пунктам 1, 6 и 9 паспорта специальности 2.5.21. Машины, агрегаты и технологические процессы: «Разработка научных и методологических основ, технических и технологических требований к проектированию и созданию новых машин, агрегатов и технологических процессов», «Разработка научных и методологических основ повышения производительности машин, агрегатов и технологических процессов и оценки их экономической и энергетической эффективности и ресурса», «Разработка научных и методологических основ проектирования и практиче-

ской 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. Во введении на стр. 11 диссертации и в автореферате на стр. 2 при перечислении корифеев, есть явная описка в инициалах Вайсберга, так как одна работа Владимира Мошкова (справочник для рабочих, составленный по работам классиков, п. 40 по списку литературы) не может являться значительным вкладом в науку, в отличие от многочисленных учебников, монографий и статей Леонида Абрамовича Вайсберга, директора института «Механобр-Техника» (г. Санкт-Петербург).

2. На стр. 31 второй абзац не корректно писать «За последние годы...» ссылаясь (п. 38 по списку литературы) на статью 1990 года (это уже прошлый век!).

3. В формуле (1.9) на стр. 39 потерян знак «плюс».

4. Не допустимы одинаковые обозначения, так в формуле (1.19) α_1 – угол наклона пирога к горизонту в момент равновесия ($\alpha_1 \geq 45^\circ$), а в формуле (1.27) α_1 – угол захвата (контакта) материала с поверхностью бандажей, рад. То же в формуле (1.30) – L – длина валков, а в формулах ранее (1.17), (1.22), (1.24) – это длина пирога дробимого материала. И далее по разделу идут повторы и путаница в обозначениях. Вероятно, в начале главы надо было написать фразу «В приведенных формулах сохраняем условные обозначения авторов».

5. Во всей работе введены разные понятия «шарообразный кусок», «шаровидная форма», «сфероидная форма», «эллипсоид», «сфероид» без их обоснования, и при этом рассматривается аглопирог, который не имеет таких форм.

6. В главе 1 на рис. 1.6 в классификации молотковых роторных дробилок указывается «с жестким креплением молотков на оси», в действительности била роторных дробилок устанавливаются на самом роторе.

7. По рис. 2.2 непонятно, почему усилие для шара приложено несимметрично?

8. Недостаточно раскрыт вопрос, касающийся того, с чем связан выбор значений пределов прочности образца (предел прочности на сжатие – 25,0 МПа, на растяжение – 5,0 МПа) при исследовании процесса разрушения материала с анизотропией прочностных свойств конечно-элементным методом.

9. Во второй главе не приведено обоснование, почему выбрано соответствующее программное обеспечение (маткад), где сравнение результатов вычислений, где сравнение с натурой, что за техническое решение, какова допустимая точность?

10. Стилистически неверны неоднократно используемые автором выражения «деформация одноосного сжатия» и «деформация одноосного растяжения».

11. Некорректное название таблицы 3.2, так как не бывает «конечно-элементных математических моделей» – бывают физико-математические модели, включающие в себя конечно-элементное моделирование.

12. В исследовании не представлена информация относительно работы электродвигателя привода дробилок предложенной (меньшей) мощности во внештатных ситуациях: при налипании материалов на рабочий орган, при попадании недробимого предмета в рабочее пространство дробилки, различных аварийных ситуациях и т.д.

13. В формуле 4.3 и 4.4 следовало бы присвоить параметру t индекс, например, $t_{\text{чет}}$ и $t_{\text{нечет}}$.

14. Не понятна расчетная схема на рис. 4.2, чем обеспечивается закрепление аглопирога на приемном столе и как учитываются ударные нагрузки, которые в роторных дробилках неизбежны?

15. Формула (4.5) и другие рассматривают статическое равновесие, но при ударе зубьев возникает ударная нагрузка и неизбежно начнет поворачиваться аглопирог, необходимо было рассматривать процесс дробления в динамике.

16. В формуле (4.7) усилие определено по условию равновесия и частей аглопирога, но для разрушения аглопирога необходимо рассматривать удар и требуемые усилия для откола выступающей части пирога.

17. В формуле (4.15) допущена опечатка: под знаком радикала необходимо располагать только сумму квадратов переменных H_1 и L_1 .

18. Отсутствуют пояснения, почему в таблице 5.5 отдельные значения радиуса рифленого валка валковой дробилки, необходимого для обеспечения условий захвата куска материала, имеют нулевое значение.

19. На графиках, отображенных на рисунках 7.2–7.4, представлены графики содержания в общей массе дробленого в молотковой дробилке ДМРиЭ 14,5×13 материала размерами –3 мм и –5 мм. Нет понимания, с чем связан выбор именно этих фракций, как основных параметров, используемых для сравнительного анализа показателей эффективности дробильной машины.

20. Требуется пояснить, почему фактически все отказы молотков молотковых дробилок из-за разрушения проушины происходят в течение первых 5-и суток.

21. На рисунках (например, рис. 3.2, 3.3, 3.7, 3.8, 4.3, 4.4 и др.), созданных на основе статистических данных экспериментальных исследований, рекомендуется показывать уравнение кривой и величину достоверности аппроксимации, что позволяет оценивать реальную тесноту связи между эмпирическими данными и аппроксимирующим графиком.

Указанные замечания не снижают значимости основных теоретических и практических результатов диссертационной работы Д.А. Власенко.

Заключение.

Диссертация 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, является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной соискателем лично, содержит новые теоретические предпосылки, технические решения по усовершенствованию процессов дробления измельчения металлургического сырья и дробильно-измельчительных машин.

Публикации и автореферат отражают основное содержание диссертации. Считаю, что диссертация «Разработка комплекса научно-технических решений по повышению эффективности процессов дробления металлургического сырья в дробильно-измельчительных машинах», в которой решена актуальная научно-техническая проблема повышения эффективности процессов дробления и измельчения в дробильно-измельчительных машинах, отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, изложенным в «Положении о присуждении ученых степеней», 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 05.05.06 – Горные машины, профессор, заведующий кафедрой горных машин и комплексов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный горный университет»

«07» сентября 2026 г.  Лагунова Юлия Андреевна

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

 Лагунова Юлия Андреевна

Подпись д-р техн. наук, профессора, зав. кафедрой горных машин и комплексов Лагуновой Юлии Андреевны заверяю:

Начальник ОК ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» (ФГБОУ ВО «УГГУ»)



 Сабанова Татьяна Борисовна

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», 620144, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 30, тел.: +7 (343) 251-48-38, e-mail: office@ursmu.ru, официальный сайт: www.ursmu.ru