

691
+ Г20

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

УДК 691.002.5; 666.1/9

Гарабажиу Александр Андреевич

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРЕВОЙ
МЕЛЬНИЦЫ С НЕПРЕРЫВНОЙ ПРОТОЧНОЙ
КЛАССИФИКАЦИЕЙ ГОТОВОГО ПРОДУКТА**

05.17.08. — Процессы и аппараты химической технологии

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск 2000

Работа выполнена в Белорусском государственном технологическом университете.

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Левданский Э. И.

Официальные оппоненты: член-корреспондент НАН РБ, доктор
технических наук, профессор
Бородуля В. А. ;

кандидат технических наук, доцент
Кохно Н. П.

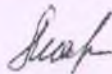
Опонирующая организация ЗАО «Белгорхимпром» (г. Минск).

Защита состоится «__» _____ 2000 г. в ____ на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.02 в Белорусском государственном технологическом университете (220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13а).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского государственного технологического университета.

Автореферат разослан «__» _____ 2000 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций
доктор технических наук, профессор



В. А. Марков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Актуальность темы диссертационной работы определяется необходимостью снижения энергозатрат при обеспечении высокого качества помола различных материалов в химической и других отраслях промышленности.

Процессы измельчения являются весьма распространенными и встречаются практически в любой отрасли производственной деятельности. В настоящее время в промышленном производстве наблюдается большое разнообразие типов и размеров измельчителей. Это обусловлено различными физико-механическими свойствами измельчаемого материала, требованиями, предъявляемыми к тонине помола, а также объемами производства.

Во многих отраслях промышленности применение тонко- и сверхтонкоизмельченных материалов повышает эффективность последующих технологических процессов, приближая их к научно обоснованной оптимальной технологии. Однако производство тонкоизмельченных материалов сопряжено с определенными трудностями, в первую очередь, значительно снижается производительность измельчителей, резко увеличиваются энергозатраты, наблюдается сильный износ рабочих органов измельчителя, а следовательно, стоимость процесса измельчения резко возрастает. Таким образом, внедрение новых высокоэффективных технологий возможно только при условии значительного снижения энергозатрат на измельчение материалов.

Несомненно, такие свойства материалов, как прочность, твердость, хрупкость, плотность, оказывают большое влияние на энергозатраты при их измельчении. Однако удельный расход энергии в значительной степени зависит и от способа измельчения, конструкции измельчителя, выбора рациональной схемы измельчения. Анализ показывает, что выбор оптимального способа измельчения и более совершенной конструкции помольного агрегата может обеспечить значительное снижение энергозатрат на измельчение того или иного материала и в некоторых случаях может составить 2 и более раз. Поэтому основная задача, поставленная практикой перед современной теорией измельчения, заключается в выявлении и устранении причин чрезвычайно низкой эффективности работы измельчающих машин. Все это вместе взятое определяет необходимость создания новых высокоэффективных и энергосберегающих измельчителей.

Связь с крупными научными программами, темами. Диссертационная работа выполнена в соответствии с темой ГБ 36-96 «Разработка и исследование машин и аппаратов высокой эффективности».

Цель и задачи исследования. Целью настоящей работы является проведение всестороннего критического анализа современного помольного оборудования, определение наиболее эффективного способа измельчения и создание на этой основе новой высокоэффективной энергосберегающей конструкции мельницы, получение расчетных зависимостей для определения ее

160 ар

технических характеристик, установление оптимальных режимов ее работы и выдача рекомендаций по проектированию и применению данной конструкции в промышленности.

В соответствии с поставленной целью решены следующие основные задачи:

1. На основании критического анализа современного состояния теории измельчения, основных способов разрушения твердых материалов и конструктивных особенностей современных измельчителей установлено, что наиболее эффективным, в плане энергозатрат, способом измельчения твердых материалов является высокоскоростной центральный удар, который может быть успешно реализован на практике в мельницах центробежно-ударного действия. Кроме того материал в зону измельчения должен подаваться в оптимальном количестве, при минимальном времени нахождения его в этой зоне с непрерывным отводом готового продукта.

2. Всем выше перечисленным требованиям соответствует конструкция вихревой мельницы с непрерывной проточной классификацией готового продукта, разработанная на уровне изобретения на кафедре «Машины и аппараты химических и силикатных производств» БГТУ при непосредственном участии автора.

3. В ходе теоретических исследований была предложена физическая модель процессов измельчения и классификации различных материалов в вихревой мельнице и на ее основе с использованием ЭВМ проведено поэтапное математическое моделирование всех стадий с целью определения реальной скорости разрушения и граничного зерна разделения продуктов измельчения в проточном классификаторе данной мельницы.

4. Экспериментально исследовано влияние конструктивных и технологических параметров вихревой мельницы на энергоемкость и качество помола в ней материалов с различными прочностными характеристиками с последующей обработкой опытных данных и получением расчетных зависимостей.

5. В результате комплексных исследований установлены оптимальные режимы работы вихревой мельницы при помоле материалов средней и малой прочности, разработана инженерная методика расчета ее основных конструктивных и технологических параметров и выданы рекомендации по проектированию и промышленному применению данного измельчителя.

6. Проведены промышленные испытания и внедрение новой конструкции вихревой мельницы.

Научная новизна полученных результатов.

1. На основании критического анализа современного состояния теории измельчения, основных способов разрушения твердых материалов и конструктивных особенностей современных измельчителей установлено, что наиболее эффективным, в плане энергозатрат, способом измельчения твердых материалов является высокоскоростной центральный удар, который может быть

успешно реализован на практике в мельницах центробежно-ударного действия.

2. Разработана на уровне изобретения вихревая мельница с непрерывной проточной классификацией готового продукта.

3. Предложена физическая модель и выполнено математическое описание процессов движения, взаимодействия измельчаемых частиц с рабочими элементами мельницы и классификации готового продукта в различных зонах измельчителя.

4. На основании теоретического анализа получена расчетная зависимость для определения размера граничного зерна при разделении продуктов измельчения в проточном классификаторе вихревой мельницы.

5. Экспериментально определено влияние конструктивных и технологических параметров вихревой мельницы на энергозатраты и качество помола в ней различных материалов.

6. На основании математической обработки результатов экспериментальных исследований вихревой мельницы получены эмпирические зависимости для определения остаточного содержания продуктов помола и энергозатрат.

Практическая и экономическая значимость полученных результатов. Практическая ценность диссертационной работы заключается в установлении оптимальных режимов работы вихревой мельницы при помоле материалов средней и малой прочности, в разработке инженерной методики расчета ее основных конструктивных и технологических параметров, в выдаче рекомендаций по проектированию и промышленному применению данной мельницы, а также в промышленных испытаниях и во внедрении мельницы в производство.

Испытания вихревой мельницы при помоле извести и мела показали, что внедрение данного измельчителя на известковом заводе вместо применяемой там в настоящее время барабанной шаровой мельницы, позволит снизить расход электроэнергии на измельчение и металлоемкость в несколько раз, при более высоком качестве помола.

Новая конструкция вихревой мельницы с непрерывной проточной классификацией готового продукта внедрена на научно-производственном предприятии «АГРОНОМИЯ» (г. Минск) в технологии производства антикоррозионного фосфатного пигмента на стадии его тонкого помола и на научно-производственном предприятии «АГРОМЕЛ» (г. Минск) в мукомольном и комбикормовом производствах.

Экономическая значимость диссертационной работы вытекает из ниже представленных результатов промышленных испытаний вихревой мельницы.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

1) Разработка новой конструкции вихревой мельницы с непрерывной проточной классификацией готового продукта, которая обеспечивает высококачественный помол материалов средней и малой прочности при более низ-

ком, по сравнению с существующими измельчителями подобного действия, расходе электроэнергии.

2) Результаты физического и математического моделирования процессов измельчения и классификации различных материалов в вихревой мельнице с непрерывной проточной классификацией готового продукта.

3) Результаты экспериментальных исследований качества помола и энергоемкости процесса измельчения различных материалов в новой конструкции вихревой мельницы и полученные на их основе расчетные зависимости.

4) Результаты промышленных испытаний и внедрения новой конструкции вихревой мельницы.

Личный вклад соискателя.

Автор лично занимался теоретическими исследованиями, планированием эксперимента, реализацией его в лабораторных и промышленных условиях, обработкой и обсуждением полученных результатов, подготовкой докладов и публикаций. Все теоретические и экспериментальные исследования выполнены автором на кафедре машин и аппаратов химических и силикатных производств БГТУ. На научно-производственных предприятиях «АГРОНОМИЯ» (г. Минск) и «АГРОМЕЛЬ» (г. Минск) опробована возможность тонкого помола антикоррозионного фосфатного пигмента и различных зерновых культур (пшеницы, ржи, ячменя и т. п.) в промышленных условиях. Все промышленные испытания новой конструкции вихревой мельницы проходили при непосредственном и активном участии автора.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались:

1) на 61-й, 62-й и 63-й научно-технических конференциях Белорусского государственного технологического университета (г. Минск) в 1997 ÷ 1999 годах;

2) на научно-техническом семинаре «Пути энергосбережения при производстве строительных материалов и конструкций», который проводился 23 апреля 1998 года на базе научно-исследовательского института строительных материалов (г. Минск);

3) на 4-й республиканской научной конференции студентов и аспирантов Республики Беларусь «НДРСИА – 98», которая проводилась 7 – 8 октября 1998 года на базе Гродненского государственного университета имени Я. Купалы;

4) на Международной научно-технической конференции «Ресурсо- и энергосберегающие технологии в химической и нефтехимической промышленности», которая проводилась 27 – 28 октября 1998 года на базе Белорусского государственного технологического университета (г. Минск).

Опубликованность результатов. Основные результаты диссертационной работы изложены в 6 научных статьях, 4 тезисах докладов, выступлениях на конференциях и 1 отчете по НИР. Кроме того автором получено положи-

тельное решение Государственного патентного ведомства Республики Беларусь по заявке на изобретение вихревой мельницы с непрерывной проточной классификацией готового продукта.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из перечня условных обозначений, введения, общей характеристики работы, 5 глав, заключения, списка использованных источников, 3 приложений и изложена на 192 страницах машинописного текста, содержит 50 иллюстраций на 31 странице, 4 таблицы на 4 страницах, 3 приложения на 33 страницах, 148 литературных источников на 14 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Аналитический обзор. Первая глава посвящена критическому анализу современного состояния теории измельчения, основных способов разрушения твердых материалов и конструктивных особенностей современных измельчителей ударного действия. На основании аналитического обзора было установлено, что наиболее эффективным, в плане энергозатрат, способом измельчения твердых материалов является высокоскоростной центральный удар, который успешно реализуется на практике в мельницах центробежно-ударного действия.

Значительное снижение энергозатрат на помол того или иного материала в мельницах данного типа может быть достигнуто:

- 1) за счет равномерной и организованной подачи в рабочую зону измельчителя исходного материала;
- 2) за счет обеспечения высокой частоты ударного взаимодействия частиц исходного материала с отбойными элементами измельчителя;
- 3) за счет непрерывного и высокоэффективного удаления из рабочей зоны измельчителя частиц материала, достигших требуемой тонины помола.

Наиболее эффективным из перечисленных направлений усовершенствования мельниц центробежно-ударного действия является комбинирование в них процессов высокоскоростного ударного измельчения и непрерывной классификации (удаления) измельченного материала из помольной камеры мельницы с последующим возвратом крупной фракции на домол. Данные рекомендации были реализованы автором в новой конструкции вихревой мельницы с непрерывной проточной классификацией готового продукта.

2. Разработка новой конструкции вихревой мельницы для тонкого помола материалов. На основании критического анализа основных способов разрушения твердых материалов и конструктивных особенностей современных измельчителей, при непосредственном участии автора, была разработана на уровне изобретения новая конструкция вихревой мельницы с непрерывной проточной классификацией готового продукта, схема которой представлена на рис. 1.

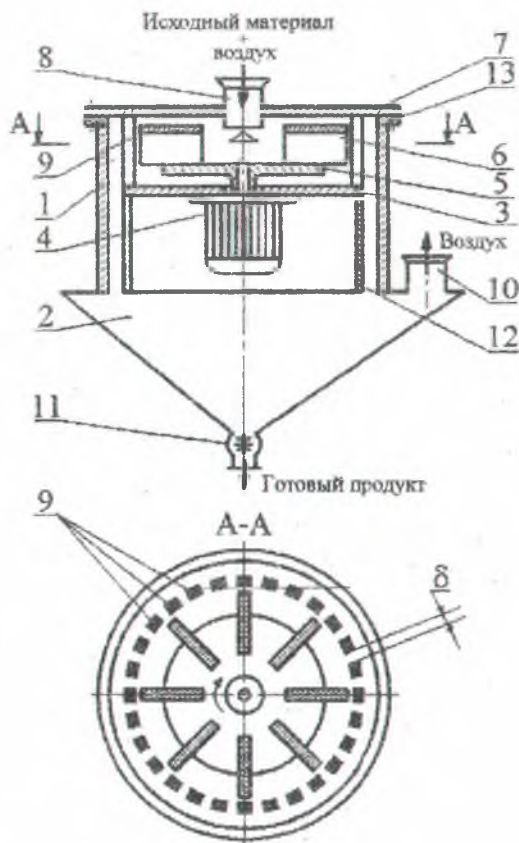


Рис. 1. Вихревая мельница с непрерывной проточной классификацией готового продукта:

1 — корпус; 2 — приемный бункер; 3 — нижняя плита; 4 — электродвигатель; 5 — диск; 6 — лопасти; 7 — крышка; 8 — питательный патрубкок; 9 — отражательные стержни; 10 — патрубкок удаления воздуха; 11 — патрубкок выгрузки готового продукта; 12 — внутренняя цилиндрическая обечайка; 13 — фланец; δ — ширина зазора между отражательными стержнями 9 мельницы, м.

Вихревая мельница состоит из цилиндрического корпуса 1, нижняя часть которого жестко соединена с приемным бункером 2. К нижней плите 3 корпуса 1 крепится электродвигатель 4, вертикальный вал которого проходит внутри рабочей камеры мельницы. Внутри корпуса 1, на валу электродвигателя 4, с помощью ступицы установлен ротор, состоящий из диска 5 и радиальных рабочих лопастей 6. Сверху к корпусу 1 приварен фланец 13, к которому крепится крышка 7 с питательным патрубком 8. Внутри корпуса 1, вдоль цилиндрической обечайки, по окружности жестко закреплены отражательные

стержни 9, изготовленные из износостойкой стали. В зависимости от требуемой тонины помола, стержни 9 устанавливаются друг относительно друга с определенным зазором $\delta = (1 + 5) \cdot 10^{-3}$ м. К наружной поверхности плиты 3 снизу приварена внутренняя цилиндрическая обечайка 12, жестко соединенная с приемным бункером 2. Таким образом, цилиндрическая обечайка корпуса 1 и внутренняя обечайка 12 образуют кольцевой канал, по которому осуществляется выгрузка из рабочей камеры мельницы в приемный бункер 2 тонкодисперсного материала. Бункер 2 имеет коническую форму и заканчивается внизу патрубком 11 с затвором для выгрузки готового продукта. Для удаления воздуха из приемного бункера 2 в верхней его части имеется специальный патрубок 10, к которому подсоединяется фильтр.

При работе мельницы электродвигатель 4 приводит во вращение роторный диск 5 с окружной скоростью по концам лопастей 6 не менее 50 м/с. Подлежащий измельчению материал через питательный патрубок 8 равномерно подается в центральную часть мельницы на роторный диск 5. За счет центробежной силы материал отбрасывается на периферию. Частицы материала равномерно очень тонким слоем распределяются по лопастям 6 и, срываясь с них, соударяются с отражательными стержнями 9, что приводит к их разрушению. В процессе измельчения мельница одновременно работает и как вентилятор. В рабочую камеру воздух поступает за счет вращения ротора через питательный патрубок 8. Крупные частицы материала после удара об отражательные стержни 9 отскакивают назад и попадают под удар вращающихся лопастей 6 или частиц материала сходящих с ротора, что в свою очередь приводит к их дальнейшему разрушению. Более мелкие же частицы подхватываются воздушным потоком и начинают вращаться внутри рабочей камеры вдоль стержней 9, многократно ударяясь об них. За счет центробежной силы у поверхности стержней 9 создается зона повышенного давления воздуха. Это способствует тому, что воздух вместе с частицами тонкодисперсного материала беспрепятственно проходит через щели между стержнями 9 в кольцевой канал и далее, двигаясь вниз, поступает в приемный бункер 2. Таким образом, в данной конструкции вихревой мельницы осуществляется непрерывный отвод тонкодисперсного материала из зоны помола. После этого измельченный материал осаждается в бункере 2, а запыленный воздушный поток через патрубок 10 поступает в фильтр на очистку.

3. Теоретические исследования процессов измельчения и классификации различных сыпучих материалов в вихревой мельнице. Широкое внедрение в промышленную практику новых измельчителей может быть обеспечено при наличии инженерной методики расчета их основных конструктивных и технологических параметров, а также глубокими теоретическими и экспериментальными исследованиями протекающих в них процессов.

Основным конструктивным параметром, который позволяет в довольно широких пределах регулировать тонины помола того или иного материала в вихревой мельнице с непрерывной проточной классификацией готового про-

дукта, является ширина зазора (δ , м) между отражательными стержнями данного измельчителя.

Основное влияние на величину граничного зерна ($d_{гп}$) при разделении в проточных газо-центробежных классификаторах оказывают радиальная и тангенциальная скорости движения частицы материала в непосредственной близости от перфорированного элемента.

Исходя из этого, в ходе теоретических исследований вихревой мельницы была предложена физическая модель процессов измельчения и классификации различных материалов и на ее основе с использованием ЭВМ проведено поэтапное математическое моделирование всех стадий с определением реальной скорости разрушения и граничного зерна ($d_{гп}$) при разделении твердых материалов с различными прочностными характеристиками в проточном классификаторе данной мельницы.

При разработке физической и математической моделей процессов измельчения и классификации различных материалов, в помольной камере вихревой мельницы можно выделить следующие четыре зоны:

I — зона подачи и распределения материала или предлопастное пространство (кольцевой канал, ограниченный осью вращения ротора и внутренней кромкой рабочих лопастей мельницы);

II — зона разгона или межлопастное пространство (кольцевой канал, ограниченный внутренней и внешней кромками рабочих лопастей мельницы, и разделенный последними на равные секторные участки);

III — зона измельчения (кольцевой канал, ограниченный внешней кромкой рабочих лопастей ротора и отбойной поверхностью отражательных стержней мельницы);

IV — зона классификации (кольцевой канал ограниченный с одной стороны отбойной поверхностью отражательных стержней, а с другой — цилиндрической обечайкой корпуса мельницы).

Общая взаимосвязанная картина движения воздушного потока и частиц измельчаемого материала в помольной камере вихревой мельницы достигается за счет постановки соответствующих условий на границах между зонами.

Согласно анализу комплекса сил, действующих на одиночную частицу измельчаемого материала при ее поэтапном движении в предлопастном и межлопастном пространстве вихревой мельницы, были получены следующие уравнения для определения радиальной и тангенциальной скорости движения частицы на выходе из ротора мельницы:

$$V_r = \frac{dr}{dt} = \frac{(C_{1a} - R_1 \cdot k_2 \cdot \omega) \cdot k_1 \cdot \exp(\omega \cdot k_1 \cdot t)}{k_1 - k_2} + \frac{(R_1 \cdot k_1 \cdot \omega - C_{1a}) \cdot k_2 \cdot \exp(\omega \cdot k_2 \cdot t)}{k_1 - k_2}, \text{ м/с} \quad (1)$$

$$V_r = \frac{(C_{1a} - R_1 \cdot k_2 \cdot \omega) \cdot \exp(\omega \cdot k_1 \cdot t)}{k_1 - k_2} + \frac{(R_1 \cdot k_1 \cdot \omega - C_{1a}) \cdot \exp(\omega \cdot k_2 \cdot t)}{k_1 - k_2}, \text{ м/с} \quad (2)$$

Полная скорость (V_a) движения частицы материала на выходе из ротора мельницы определяется как среднеквадратичное ее радиальной и тангенциальной составляющих.

При анализе комплекса сил, действующих на одиночную частицу измельчаемого материала при ее движении в кольцевой канале между выходной кромкой рабочих лопастей ротора и отбойной поверхностью отражательных стержней мельницы была получена следующая система дифференциальных уравнений движения одиночной частицы материала в зоне измельчения в цилиндрической системе координат:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dU_r}{d\tau} &= 18 \cdot \frac{k\phi}{d^2} \cdot \frac{\rho_a}{\rho_m} \cdot (W_r^{cp} - U_r) \cdot \left[1 + 0,17 \cdot \left(\frac{d \cdot |W_r^{cp} - U_r|}{v_a} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot v_a + \frac{U_r^2}{R} \\ \frac{dU_\tau}{d\tau} &= 18 \cdot \frac{k\phi}{d^2} \cdot \frac{\rho_a}{\rho_m} \cdot (W_\tau^{cp} - U_\tau) \cdot \left[1 + 0,17 \cdot \left(\frac{d \cdot |W_\tau^{cp} - U_\tau|}{v_a} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot v_a + \frac{U_r \cdot U_\tau}{R} \\ \frac{dR}{d\tau} &= U_r \\ \frac{d\phi}{d\tau} &= \frac{U_\tau}{R} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Тангенциальная скорость движения воздушного потока (W_τ) в зоне измельчения, с учетом постоянства момента скорости $R \cdot W_\tau = const$ (поскольку влияние сил трения о стенку мельницы не учитывается), определяется как:

$$W_\tau = \omega \cdot \frac{R_0^2}{R}, \text{ м/с} \quad (4)$$

Радиальная скорость движения воздуха (W_r) в зоне измельчения определяется из условия неразрывности воздушного потока на выходе из ротора мельницы и представляет собой отношение расхода воздуха к площади проходного сечения ротора.

Среднее значение тангенциальной (W_τ^{cp}) и радиальной (W_r^{cp}) скоростей воздуха при его движении в зоне измельчения определялось как среднее арифметическое.

Расчет системы дифференциальных уравнений (3) осуществлялся численным методом Рунге-Кутты с использованием ЭВМ. При этом за начальные условия принимались следующие: $\tau = 0$; $\varphi = 0$; $R = R_2$; $U_r = V_r$ и $U_\tau = V_\tau$.

При решении системы уравнений (3) были получены численные значения тангенциальной (U_τ) и радиальной (U_r) скоростей движения одиночной частицы измельчаемого материала в кольцевом зазоре между выходной кромкой рабочих лопастей и отражательными стержнями вихревой мельницы при различных значениях текущего радиуса (R).

Полная скорость (U_n) ударного взаимодействия одиночной частицы материала с отражательными стержнями вихревой мельницы определялась как среднеквадратичная ее радиальной и тангенциальной составляющих.

Применяя классическую теорию механического грохочения к процессу непрерывной проточной классификации частиц измельченного материала в вихревой мельнице, было получено следующее выражение для определения величины граничного зерна при разделении в проточном классификаторе:

$$d_{\text{гп}} = \frac{2 \cdot \delta}{\frac{W_\tau^{\text{ср}}}{W_{\text{учт}}} + 1}, \text{ м} \quad (5)$$

Скорость истечения воздушного потока ($W_{\text{учт}}$) через зазор (δ , м) между отражательными стержнями мельницы направлена по радиусу помольной камеры, а ее значение, с учетом загромождения сечения камеры данными стержнями и предположения равномерного заполнения потоком сечения входа в межстержневой канал, определяется как отношение расхода воздуха к площади проходного сечения проточного классификатора.

Расчет теоретической величины граничного зерна ($d_{\text{гп}}$) при разделении частиц измельченного материала в проточном классификаторе вихревой мельницы, осуществлялся при помощи ЭВМ, а его основные результаты представлены на рис. 2.

Согласно рис. 2, с увеличением ширины зазора (δ , м) между отражательными стержнями вихревой мельницы величина граничного зерна при разделении частиц измельченного материала в проточном классификаторе данного измельчителя также возрастает. Подобная закономерность является вполне логичной, так как величина ($d_{\text{гп}}$) в формуле (5) прямо пропорциональна ширине зазора (δ , м). Но поскольку скорость воздуха ($W_{\text{учт}}$) является функцией от (δ , м), то характер расчетной зависимости $d_{\text{гп}} = f(\delta)$ несколько отличается от прямой линии.

Таким образом, используя графическую зависимость, представленную на рис. 2, и задавшись определенной величиной зазора (δ , м) между отражательными стержнями мельницы, можно определить теоретическую величину гра-

ничного зерна ($d_{гп}$, м) при разделении частиц измельченного материала в проточном классификаторе вихревой мельницы.

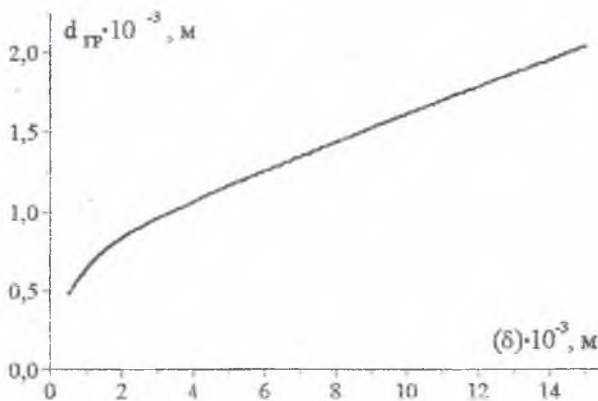


Рис. 2. Зависимость теоретической величины граничного зерна разделения частиц измельченного материала от ширины зазора между отражательными стержнями вихревой мельницы.

4. Экспериментальные исследования вихревой мельницы с непрерывной проточной классификацией готового продукта. Основными технико-экономическими показателями работы всех без исключения дробильно-помольных машин являются степень измельчения и удельный расход энергии на измельчение единицы объема (массы) готовой продукции. При этом немаловажное значение играет влияние различных конструктивных и технологических параметров измельчителя на энергоемкость и качество помола в нем различных материалов.

С учетом сказанного, экспериментальные исследования вихревой мельницы с непрерывной проточной классификацией готового продукта осуществлялись с целью:

- определения тонины помола материалов с различными прочностными характеристиками;
- определения общих и удельных затрат электроэнергии при измельчении материалов;
- установления влияния конструктивных и технологических параметров измельчителя на качество помола в нем различных материалов.

Для проведения исследований был изготовлен полупромышленный опытный образец вихревой мельницы с диаметром рабочего диска по концам лопастей 0,4 метра. Привод ротора мельницы осуществлялся посредством электродвигателя мощностью 7,5 кВт, через ступицу, шкивы и клиноремен-

ную передачу, что позволяло изменять в ходе исследований число оборотов ротора и, как следствие, силу ударного взаимодействия частиц материала с отражательными стержнями мельницы. Измерение расхода электроэнергии на привод электродвигателя мельницы осуществлялось ваттметром.

В качестве измельчаемых материалов использовались гранулы извести после печи, работающей по мокрому способу производства, гипсовый камень, мел, а также зерно пшеницы.

В ходе экспериментальных исследований вихревой мельницы изменялись:

- 1) производительность пневматического питателя (G_m , кг/с) от 0,047 до 0,178 кг/с с шагом 0,012 кг/с;
- 2) угловая скорость вращения ротора (ω , рад/с) от 104,7 до 418,9 рад/с с шагом 52,4 рад/с;
- 3) количество разгонных (радиальных) лопастей на роторе (z , шт.) от 4 до 14 штук с шагом 2;
- 4) высота разгонных (радиальных) лопастей ротора (h , м) от 0,05 до 0,13 м с шагом 0,02 м;
- 5) диаметр частиц исходного материала (d , м) от $2 \cdot 10^{-3}$ до $10 \cdot 10^{-3}$ м с шагом $2 \cdot 10^{-3}$ м;
- 6) ширина зазора (δ , м) между отражательными стержнями вихревой мельницы от $0,5 \cdot 10^{-3}$ до $3 \cdot 10^{-3}$ м с шагом $0,5 \cdot 10^{-3}$ м.

Для определения гранулометрического состава продуктов помола использовался набор стандартных сит с минимальным размером отверстий 0,063 мм, а максимальным — 2 мм. Для каждого опытного результата помола ситовой анализ осуществлялся не менее трех раз и полученные данные усреднялись.

Основные результаты экспериментальных исследований вихревой мельницы представлены на рис. 3–6.

Согласно рис. 3 и 4 самая высокая тонина помола, из всех выше перечисленных материалов, имела место при измельчении извести и мела (кривые 2 и 3 соответственно). Несколько хуже измельчался гипсовый камень (кривые 1), а самый крупный продукт помола получался при измельчении зерна пшеницы (кривые 4). Кроме того, с увеличением производительности вихревой мельницы, наблюдалось соответственно определенное снижение качества помола всех выше перечисленных материалов.

Результаты экспериментальных исследований удельных энергозатрат, при измельчении гипсового камня, извести, мела и зерна пшеницы, представлены на рис. 5. Вихревая мельница с непрерывной проточной классификацией готового продукта в процессе измельчения работает по принципу центробежного вентилятора, так как схожа с ним конструктивно (см. рис. 1). Поэтому даже на холостом ходу она потребляет определенное количество электроэнергии. Наибольшие энергозатраты в данной конструкции вихревой мельницы,

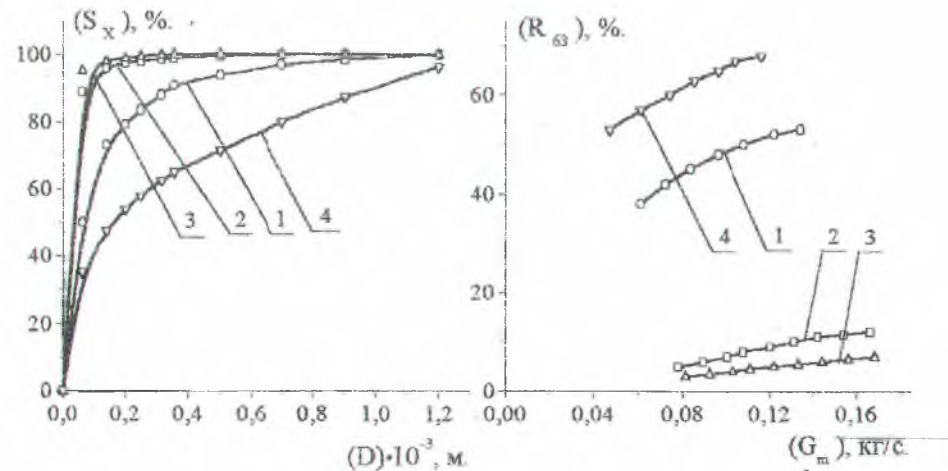


Рис. 3. Фракционный состав продуктов помола различных материалов в вихревой мельнице ($\delta = 1 \cdot 10^{-3}$ м): 1 — гипсовый камень ($G_{m(онм)} = 0,11$ кг/с); 2 — известь ($G_{m(онм)} = 0,15$ кг/с); 3 — мел ($G_{m(онм)} = 0,15$ кг/с); 4 — зерно пшеницы ($G_{m(онм)} = 0,096$ кг/с).

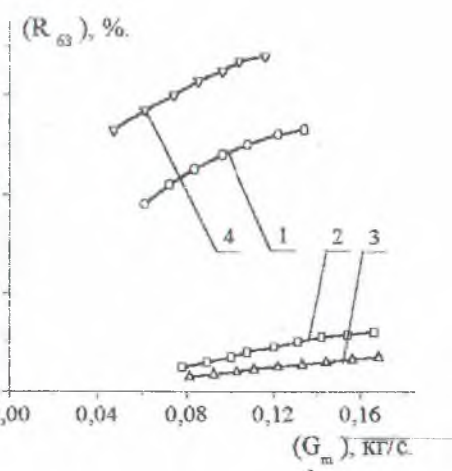


Рис. 4. Зависимость остатка на сите № 0063 от производительности, при помоле материалов в вихревой мельнице ($\delta = 1 \cdot 10^{-3}$ м): 1 — гипсовый камень; 2 — известь; 3 — мел; 4 — зерно пшеницы.

не зависимо от изменения ее производительности, имели место при помоле зерна пшеницы (кривые 4). Снижение расхода энергии установлено при помоле гипсового камня (кривые 1), а минимум затрат обеспечивается при помоле извести и мела (кривые 2 и 3 соответственно). Увеличение производительности вихревой мельницы приводит к довольно резкому снижению удельных энергозатрат на размол материалов. Используя графические зависимости, представленные на рис. 5, не трудно установить величину оптимальной производительности вихревой мельницы при помоле следующих материалов: 1) гипсовый камень $G_{m(онм)} = 0,11$ кг/с; 2) известь $G_{m(онм)} = 0,15$ кг/с; 3) мел $G_{m(онм)} = 0,15$ кг/с; 4) зерно пшеницы $G_{m(онм)} = 0,096$ кг/с.

Результаты экспериментальных исследований качества помола гипсового камня, извести, мела и зерна пшеницы, при различных значениях ширины зазора (δ , м) между отражательными стержнями мельницы, представлены на рис. 6, откуда видно, что увеличение ширины зазора (δ , м) отрицательно сказывается на качестве помола.

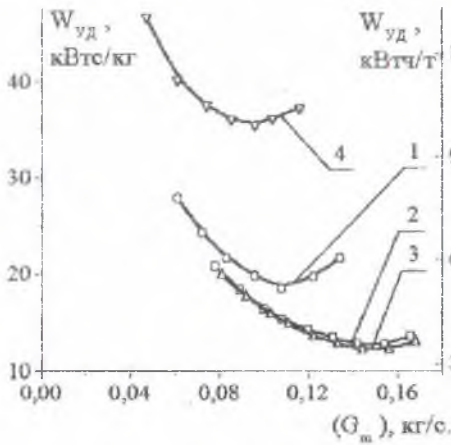


Рис. 5. Зависимость удельного расхода электроэнергии на размол материалов от производительности вихревой мельницы ($\delta = 1 \cdot 10^{-3}$ м):
1 — гипсовый камень; 2 — известь; 3 — мел; 4 — зерно пшеницы.

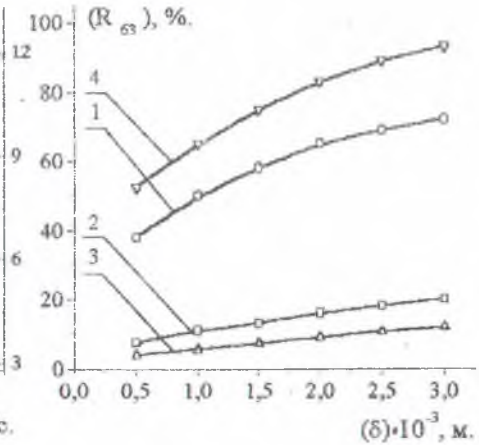


Рис. 6. Зависимость остатка на сите № 0063 от ширины зазора между отражательными стержнями вихревой мельницы:
1 — гипсовый камень ($G_{m(онм)} = 0,11$ кг/с); 2 — известь ($G_{m(онм)} = 0,15$ кг/с); 3 — мел ($G_{m(онм)} = 0,15$ кг/с); 4 — зерно пшеницы ($G_{m(онм)} = 0,096$ кг/с).

Характер экспериментально установленных зависимостей объясняется в основном прочностными свойствами измельчаемых материалов. Чем слабее межкристаллические связи внутри материала, тем легче он поддается разрушению и, следовательно, тем меньше энергии на это расходуется и тем выше его качество помола.

Принимая во внимание необходимость разработки инженерной методики расчета конструктивных и технологических параметров вихревой мельницы, проведена математическая обработка полученных результатов методом наименьших квадратов с использованием ЭВМ. В результате аппроксимации и некоторых функциональных преобразований получены обобщенные эмпирические зависимости для определения:

1) остатка на сите № 0063 продуктов помола;

$$а) \text{ гипсового камня } R_{63} = 12 \cdot G_m^{0,32} \cdot \omega^{-0,25} \cdot z^{-0,36} \quad (6)$$

$$б) \text{ извести } R_{63} = 43,2 \cdot G_m^{0,67} \cdot \omega^{-0,45} \cdot z^{-0,67} \quad (7)$$

$$в) \text{ мела } R_{63} = 386 \cdot G_m^{0,95} \cdot \omega^{-0,72} \cdot z^{-0,95}, \quad (8)$$

$$г) \text{ зерна пшеницы } R_{63} = 11,6 \cdot G_m^{0,3} \cdot \omega^{-0,21} \cdot z^{-0,31}, \quad (9)$$

2) удельных энергозатрат;

$$W_{уд} = K \cdot G_m^{-0,71} \cdot \omega^{0,51} \cdot z^{0,74}, \text{ Вт } \text{с/кг} \quad (10)$$

где K — поправочный коэффициент, который зависит от основных физико-механических характеристик измельчаемого материала и определяется опытным путем (для гипсового камня $K = 32$; для извести $K = 28$; для мела $K = 26$; для зерна пшеницы $K = 51$).

Эмпирические зависимости (6) + (10) справедливы в следующих пределах изменения: 1) $G_m = 0,047 \div 0,178$ кг/с; 2) $\omega = 104,7 \div 418,9$ рад/с; 3) $z = 4 \div 14$ шт.

Среднее отклонение расчетных значений (R_{63}) и ($W_{уд}$) в указанном диапазоне изменения параметров не превышает $\pm 7\%$ от аналогичных опытных данных.

Таким образом, на основании результатов теоретических и экспериментальных исследований вихревой мельницы с непрерывной проточной классификацией готового продукта получены расчетные зависимости (5) + (10) для определения конструктивных и технологических параметров, которые позволили составить рекомендации для проектирования и промышленного применения данного измельчителя.

5. Практическая реализация результатов исследований. Принимая во внимание техническую необходимость и большую практическую значимость опытно-промышленных исследований, было реализовано испытание, изготовление и внедрение новой конструкции вихревой мельницы на научно-производственном предприятии «АГРОНОМИЯ» (г. Минск) в технологии производства антикоррозионного фосфатного пигмента на стадии его тонкого помола и на научно-производственном предприятии «АГРОМЕЛ» (г. Минск) в мукомольном и комбикормовом производствах.

В ходе промышленных испытаний вихревой мельницы получены следующие результаты:

1) эффективность помола антикоррозионного фосфатного пигмента с остатком на сите № 0063 составила не более $0,1 \div 0,2\%$ и $0,5 \div 1,0\%$, после мокрого и сухого просивания соответственно, при удельных энергозатратах $2,5$ кВт ч/т и производительности по готовому продукту $0,4$ т/ч, что, полностью отвечает технологическому регламенту по производству лакокрасочной продукции данного типа;

2) при помоле зерновых культур (таких, как пшеница, рожь, ячмень и т. п.), $40 \div 45\%$ готового продукта соответствовали по размеру муке высшего сорта; удельные энергозатраты при этом составляли $8,5 \div 9,0$ кВт ч/т, а производительность мельницы по готовому продукту равнялась $0,5 \div 0,55$ т/ч.

Внедрение новой конструкции вихревой мельницы в мукомольном или комбикормовом производствах на стадии помола зерновых культур вместо применяемых там в настоящее время молотковых дробилок обеспечивает снижение удельных энергозатрат на 1 тонну готового продукта, как минимум на 30 %, металлоемкости — в $5 \div 6$ раз, при одновременном улучшении качества помола.

На Валковуский известковый завод передана проектно-техническая документация на промышленный образец вихревой мельницы с непрерывной проточной классификацией готового продукта для тонкого помола извести производительностью по готовому продукту $6,0 \div 8,0$ т/ч.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) Проведен всесторонний анализ современного состояния теории измельчения, основных способов разрушения сыпучих материалов, а также измельчающих машин ударного действия в химической технологии и смежных отраслях промышленности. На основании критического анализа установлено, что наиболее эффективным, в плане энергосбережения, способом измельчения твердых материалов является высокоскоростной центральный удар, который успешно реализуется на практике в центробежно-ударных мельницах. Значительное снижение энергозатрат на помол того или иного материала в мельницах данного типа может быть достигнуто за счет комбинирования в них процессов высокоскоростного ударного измельчения и непрерывной классификации (удаления) тонко помолотого материала с последующим возвратом крупной фракции на домол [1].

2) Разработана на уровне изобретения новая конструкция вихревой мельницы с непрерывной проточной классификацией готового продукта, отвечающая требованиям предъявляемым к современным измельчителям, и получено положительное решение Государственного патентного ведомства Республики Беларусь по заявке на изобретение данной мельницы [6].

3) Новая конструкция вихревой мельницы может обеспечить высококачественный помол материалов средней и малой прочности, при более низком, по сравнению с существующими измельчителями подобного действия, расходе электроэнергии. Это обеспечивается за счет организации непрерывного и высокоэффективного удаления в процессе измельчения из рабочей камеры мельницы частиц материала, достигших требуемой тонины помола [1; 2; 5; 7].

4) Разработаны физическая и математическая модели процессов измельчения и классификации различных сыпучих материалов в вихревой мельнице с непрерывной проточной классификацией готового продукта, которые при сопоставлении с результатами экспериментальных исследований показали хорошую сходимость [3; 4].

5) На основании теоретических и экспериментальных исследований вихревой мельнице установлены ее оптимальные конструктивно-технологические параметры и даны рекомендации по расчету, проектированию и области применения промышленного образца данного измельчителя [8 + 11].

6) Вихревая мельница с непрерывной проточной классификацией готового продукта внедрена на научно-производственном предприятии «АГРОНОМИЯ» (г. Минск) в технологии производства антикоррозионного фосфатного пигмента на стадии его тонкого помола и на научно-производственном предприятии «АГРОМЕЛ» (г. Минск) в мукомольном и комбикормовом производствах. Результаты промышленных испытаний и внедрений новой конструкции вихревой мельницы свидетельствуют о высокой надежности и эффективности ее работы при помоле материалов средней и малой прочности [7].

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Разработка и исследование машин и аппаратов высокой эффективности. Раздел I. Разработка и исследование роторно-вихревых мельниц. Отчет о НИР (промежуточный) / Белорус. гос. технолог. ун-т; Рук. Э. И. Левданский. — № ГБ 36-96. — Минск, 1997. — 75 с.

2. Гарабажиу А. А., Левданский Э. И., Левданский А. Э. Разработка и исследование роторно-центробежной мельницы с инерционно-гравитационной выгрузкой готового продукта // Труды БГТУ. Сер. III, Химия и хим-кая технология. — 1998. — Вып. VI. — С. 149 – 155.

3. Гарабажиу А. А., Левданский А. Э. Аэродинамика движения частиц измельчаемого материала в рабочей камере роторно-центробежной мельницы // Труды БГТУ. Сер. III, Химия и хим-кая технология. — 1999. — Вып. VII. — С. 15 – 27.

4. Гарабажиу А. А., Левданский А. Э. Методика расчета скорости движения газового потока в рабочей камере роторно-центробежной мельницы // Труды БГТУ. Сер. III, Химия и хим-кая технология. — 1999. — Вып. VII. — С. 28 – 38.

5. Левданский Э. И., Левданский А. Э., Гарабажиу А. А. Энергосберегающие роторно-центробежные мельницы со встроенными классификаторами для тонкого помола извести и гипсового камня // Изв. ВУЗов. Химия и хим-кая технология. — 1999. — № 4. — С. 81 – 88.

6. Афіцыйны бюлетэнь / Дзярж. паг. ведамства Рэсп. Беларусь. — 1999. — № 4. — С. 20.

7. Гарабажиу А. А., Левданский Э. И., Левданский А. Э. Энергосберегающая роторно-центробежная мельница для тонкого помола сыпучих и кусковых материалов // Известия НАН Беларуси. Сер. физ. – техн. наук. — 2000. — № 2. — С. 125 – 131.

8. Левданский Э. И., Левданский А. Э., Гарабажиу А. А. Энергосберегающая технология производства кормового мела // Пути энергосбережения при производстве строительных материалов и конструкций: Тез. докл. и сообщ. науч. – техн. семинара, 23 апр. 1998 г. / Минист. арх. и строит. РБ. Науч. – исслед. ин-т строительных материалов. — Мн., 1998. — С. 55 – 56.

9. Левданский Э. И., Левданский А. Э., Гарабажиу А. А. Энергосберегающие роторно-центробежные мельницы для помола извести // Пути энергосбережения при производстве строительных материалов и конструкций: Тез. докл. и сообщ. науч. – техн. семинара, 23 апр. 1998 г. / Минист. арх. и строит. РБ. Науч. – исслед. ин-т строительных материалов. — Мн., 1998. — С. 57 – 59.

10. Левданский Э. И., Левданский А. Э., Гарабажиу А. А. Высокоэффективные классификаторы зернистых материалов // Ресурсо- и энергосберегающие технологии в химической и нефтехимической промышленности: Материалы междунар. науч.-техн. конф., 27-28 окт. 1998 г. / Минист. образ. Респ. Беларусь. Концерн «БЕЛНЕФТЕХИМ». Белорус. хим. общество. Белорус. гос. технолог. ун-т. — Мн.: БГТУ, 1998. — С. 34 – 35.

11. Левданский Э. И., Левданский А. Э., Гарабажиу А. А. Энергосберегающие роторно-центробежные мельницы для измельчения сыпучих и кусковых материалов // Ресурсо- и энергосберегающие технологии в химической и нефтехимической промышленности: Материалы междунар. науч.-техн. конф., 27-28 окт. 1998 г. / Минист. образ. Респ. Беларусь. Концерн «БЕЛНЕФТЕХИМ». Белорус. хим. общество. Белорус. гос. технолог. ун-т. — Мн.: БГТУ, 1998. — С. 36 – 38.

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

C_1 — скорость движения воздушного потока на входе в межлопастное пространство вихревой мельницы, м/с; D — диаметр отверстий сит, м; d ; d_k — диаметр частиц исходного материала до и после помола, м; d_{2p} — величина граничного зерна разделения частиц измельченного материала в проточном классификаторе вихревой мельницы, м; G_m — производительность вихревой мельницы по готовому продукту, кг/с; h — высота рабочих лопастей мельницы, м; K — поправочный коэффициент, зависящий от основных физико-механических характеристик измельчаемого материала; k_ϕ — коэффициент формы частицы; k_1 ; k_2 — коэффициенты пропорциональности; R — текущий радиус движения частицы материала в кольцевом зазоре между выходной кромкой рабочих лопастей и отражательными стержнями вихревой мельницы, м; R_1 ; R_2 — внутренний и внешний радиус рабочего колеса мельницы, м; R_{63} — остаток на сите № 0063 продуктов помола того или иного материала, % (в долях един.); r — текущий радиус движения частицы материала вдоль

рабочей лопасти мельницы, м; S_x — суммарный выход классов (проход тонко дисперсного материала через сито с размером ячеек (D, μ)), % (в долях един.); t — время движения частицы материала в предлопастном пространстве вихревой мельницы, с.; U — скорость движения частицы материала в кольцевом зазоре между выходной кромкой рабочих лопастей и отражательными стержнями вихревой мельницы, м/с; V — скорость движения частицы материала в межлопастном пространстве вихревой мельницы, м/с; W — скорость движения воздушного потока в кольцевом зазоре между выходной кромкой рабочих лопастей и отражательными стержнями вихревой мельницы, м/с; W_{100} — удельные энергозатраты на помол того или иного материала в вихревой мельнице, Вт с/кг; ω — угловая скорость вращения ротора мельницы, рад/с; z — количество рабочих лопастей на роторе мельницы, шт.; δ — ширина зазора между отражательными стержнями вихревой мельницы, м; ρ — плотность, кг/м³; ν — кинематическая вязкость, м²/с; τ — время движения частицы материала в кольцевом зазоре между выходной кромкой рабочих лопастей и отражательными стержнями вихревой мельницы, с.; φ — угол поворота ротора мельницы, рад.

Индексы: *a* — полная; *b* — воздуха; *ист* — истечения; *m* — материала; *n* — нагружения; *опт* — оптимальная; *ср* — средняя; *r* — радиальная; *t* — тангенциальная.

РЭЗЮМЭ

Гарабажыу Аляксандр Андрэявіч

РАСПРАЦОЎКА І ДАСЛЕДАВАННЕ ВІХРАВОГА МЛЫНА З НЯСПЫННАЙ ПРАТОЧНАЙ КЛАСІФІКАЦЫЯЙ ГАТОВАГА ПРАДУКТУ

ВІХРАВЫ МЛЫН, ЗДРАБНЕННЕ, ПРАТОЧНАЯ КЛАСІФІКАЦЫЯ, ФІЗІЧНАЯ МАДЭЛЬ, МАТЭМАТЫЧНАЯ МАДЭЛЬ, СТУПЕНЬ ПАМОЛУ, АДНОСНЫЯ ЭНЕРГАВЫДАТКІ.

Аб'ектам даследаванняў служыла новая канструкцыя вихравога млына з няспынной праточнай класіфікацыяй гатовага прадукту.

Мэта работы — правядзенне ўсебаковага крытычнага аналізу сучаснага памольнага абсталявання, вызначэнне найбольш эфектыўнага спосабу здрабнення і стварэння на іх падставе новай энергасберагальнай канструкцыі вихравога млына з няспынной праточнай класіфікацыяй здрабнёнага матэрыялу, атрыманне разліковых залежнасцей для вызначэння яго тэхнічных характарыстык, вызначэнне аптымальных рэжымаў работы і выдача рэкамендацый па практаванню і выкарыстанню дадэнага здрабняльніка ў прамысловасці.

У дадзенай рабоце на падставе крытычнага аналізу сучаснага становішча тэорыі здрабнення, асноўных спосабаў разбурэння цвёрдых матэрыялаў і кан-

струкцыйных асаблівасцей сучасных здрабняльнікаў ударнага дзеяння ўстаноўлена, што найбольш эфектыўным, з пункту гледжання энергавыдаткаў, спосабам здрабнення цвёрдых матэрыялаў з'яўляецца высокахуткасны цэнтральны ўдар, які паспяхова рэалізуецца на практыцы ў млынах цэнтрабежна-ударнага дзеяння. Распрацавана на ўзроўні вынаходства энергазберагальная канструкцыя вихравага млына з няспынай праточнай класіфікацый гатовага прадукту. Праведзены тэарэтычныя даследаванні (фізічнае і матэматычнае мадэліраванне), з выкарыстаннем ЭВМ, працэсаў здрабнення і класіфікацыі розных матэрыялаў у памольнай камеры вихравага млына. Эксперыментальна даследаваны ўплыў канструкцыйных і тэхналагічных параметраў вихравага млына на энергаёмкасць і якасць памолу ў ім матэрыялаў з рознымі трываласнымі характарыстыкамі з наступнай матэматычнай апрацоўкай вопытных даных і атрыманнем разліковых залежнасцей. Устаноўлены аптымальныя рэжымы работы вихравага млына пры памале матэрыялаў малой і сярэдняй трываласці, распрацавана інжынерная метадыка разліку яго асноўных канструкцыйных і тэхналагічных параметраў і выдадзены рэкамендацыі па праектаванню і прамысловаму выкарыстанню дадзенага здрабняльніка.

Вихравы млын з няспынай праточнай класіфікацый гатовага прадукту ўкаранены на навукова-вытворчым прадпрыемстве «АГРАНАМІЯ» (г. Мінск) у тэхналогіі вытворчасці антыкарызійнага фасфатнага пігменту на стадыі яго тонкага памолу і на навукова-вытворчым прадпрыемстве «АГРАМЕЛ» (г. Мінск) ў мукамольнай і камбікормавай вытворчасцях.

РЕЗЮМЕ

Гарабажиу Александр Андреевич

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРЕВОЙ МЕЛЬНИЦЫ С НЕПРЕРЫВНОЙ ПРОТОЧНОЙ КЛАССИФИКАЦИЕЙ ГОТОВОГО ПРОДУКТА

ВИХРЕВАЯ МЕЛЬНИЦА, ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ, ПРОТОЧНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ, ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, СТЕПЕНЬ ПОМОЛА, УДЕЛЬНЫЕ ЭНЕРГОЗАТРАТЫ.

Объектом исследований служила новая конструкция вихревой мельницы с непрерывной проточной классификацией готового продукта.

Цель работы — проведение всестороннего критического анализа современного помольного оборудования, определение наиболее эффективного способа измельчения и создание на их основе новой энергосберегающей конструкции вихревой мельницы с непрерывной проточной классификацией измельченного материала, получение расчетных зависимостей для определения ее технических характеристик, установление оптимальных режимов ее работы

и выдача рекомендаций по проектированию и применению данного измельчителя в промышленности.

В настоящей работе, на основании критического анализа современного состояния теории измельчения, основных способов разрушения твердых материалов и конструктивных особенностей современных измельчителей ударного действия установлено, что наиболее эффективным, в плане энергозатрат, способом измельчения твердых материалов является высокоскоростной центральный удар, который успешно реализуется на практике в мельницах центробежно-ударного действия. Разработана на уровне изобретения энергосберегающая конструкция вихревой мельницы с непрерывной проточной классификацией готового продукта. Проведены теоретические исследования (физическое и математическое моделирование), с использованием ЭВМ, процессов измельчения и классификации различных материалов в помольной камере вихревой мельницы. Экспериментально исследовано влияние конструктивных и технологических параметров вихревой мельницы на энергоемкость и качество помола в ней материалов с различными прочностными характеристиками с последующей математической обработкой опытных данных и получением расчетных зависимостей. Установлены оптимальные режимы работы вихревой мельницы при помоле материалов средней и малой прочности, разработана инженерная методика расчета ее основных конструктивных и технологических параметров и выданы рекомендации по проектированию и промышленному применению данного измельчителя.

Вихревая мельница с непрерывной проточной классификацией готового продукта внедрена на научно-производственном предприятии «АГРОНОМИЯ» (г. Минск) в технологии производства антикоррозионного фосфатного пигмента, на стадии его тонкого помола, и на научно-производственном предприятии «АГРОМЕЛ» (г. Минск) в мукомольном и комбикормовом производствах.

SUMMARY

Garabazhiu Alexander Andreevich

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF JET-TYPE MILL WITH CONTINUOUS FLOWING CLASSIFICATION OF AN ASSEMBLY

JET-TYPE MILL, DECOMPOSITION, FLOWING CLASSIFICATION, PHYSICAL MODEL, MATHEMATICAL MODEL, FREENESS VALUE, ENERGY INTENSITY.

The new construction of jet-type mill with continuous flowwing classification of an assembly served as an object of research.

The purpose of investigation is the realization of fundamental review of modern milling equipment, the determination of the most effective freeness value

and creating the new energy-efficient constructions of jet-type mill with continuous flowing classification of broken material, the realization of calculation for best performance of its work and the issue of recommendations of projecting and utilization of reducer in industry.

The more effective method of milling of hard materials (in the scheme of power inputs) with high-speed central impact which is successfully realized in practice on mills of centrifugal-impact operation is adjusted in present work on the basis of critic analysis of up-to-date position of decomposition theory, the main methods of destruction of hard materials and the constructive peculiarities of modern reducer of impact action. The energy-efficient construction of jet-type mill with continuous flowing classification of an assembly is developed. The theoretic research (physical and mathematical modeling) is carried out with the utilization of computer, and the processes of decomposing and classification of different materials in milling chamber of jet-type mill. The influence of constructive and technological parameters of jet-type mill on power consuming and the quality of grinding there materials with different strength characteristics and further mathematical processing of experimental datas and receiving of design dependings are experimentally investigated. The optimal performance of work of jet-type mill during the grinding of materials of small and middle hardness is established, the engineering methodic of calculation of its basic constructive and technological parameters is worked up and the recommendations on projecting and industrial use of this reducer are distributed.

Jet-type mill with continuous flowing classification of an assembly is introduced on scientific production enterprise «Agronomia» (Minsk) in technology of production of anticorrosive phosphate pigment on the stage of its thing grind, and the scientific production enterprise «Agromel» (Minsk) in flour-grinding manufacture and provender milling.



Гарабажиу Александр Андреевич

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРЕВОЙ МЕЛЬНИЦЫ С НЕПРЕРЫВНОЙ ПРОТОЧНОЙ КЛАССИФИКАЦИЕЙ ГОТОВОГО ПРОДУКТА

Подписано в печать 20.04.2000. Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,6. Усл. кр.-отг. 1,6. Уч.-изд. л. 1,4. Тираж 60 экз.
Заказ 158.

Белорусский государственный технологический университет.
Лицензия ЛВ № 276 от 15.04.98.
220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13а

Отпечатано на ротапринте Белорусского государственного технологического университета
220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13