

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет»

УДК 621.924.4

ВИЛЬКОЦКИЙ
Андрей Иванович

**ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В РОТОРНО-
ЦЕНТРОБЕЖНЫХ МЕЛЬНИЦАХ
С ПРОТОЧНОЙ КЛАССИФИКАЦИЕЙ**

05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск 2004

Работа выполнена в Белорусском государственном технологическом университете на кафедре «Машины и аппараты химических и силикатных производств»

Научный руководитель

доктор технических наук, профессор
Плехов Ивал Максимович,
УО «Белорусский государственный технологический университет», кафедра «Машины и аппараты химических и силикатных производств»

Официальные оппоненты:

доктор технических наук
Акулич Петр Васильевич,
ведущий научный сотрудник
лаборатории сушильно-термических процессов, ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова» НАНБ;

кандидат технических наук, доцент
Волк Анатолий Матвеевич,
УО «Белорусский государственный технологический университет», кафедра высшей математики

Оппонирующая организация

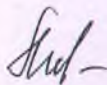
ОАО «Гродненский научно-исследовательский и проектный институт азотной промышленности и продуктов органического синтеза»

Защита состоится 12 ноября 2004 года в 14⁰⁰ на заседании Совета по защите диссертаций Д 02.08.02 при УО «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, ул. Свердлова 13а, тел. секретаря Совета: 2260039, факс: (017) 2276217.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского государственного технологического университета.

Автореферат разослан 7 октября 2004 г.

Ученый секретарь
Совета по защите диссертаций
доктор технических наук, профессор



В. А. Марков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации.

Во многих технологиях часто возникают задачи, связанные с измельчением различных материалов. Данные процессы являются весьма энергоёмкими. Поэтому совершенствование технологий измельчения, их изучение с целью отработки конструктивного исполнения оборудования, позволяющего снизить энергетические затраты на измельчение и получение методик расчета такого оборудования является актуальной задачей.

Цель и задачи исследования.

Целью диссертационной работы является разработка высокоэффективных конструкций мельниц, позволяющих измельчать материал при минимальном расходе энергии.

Для этого решались следующие задачи:

1. На основе аналитического обзора имеющихся публикаций разработать конструкции роторно-центробежных мельниц с проточной классификацией и провести экспериментальные исследования, посредством которых оценить их эффективность применительно к различным материалам и технологиям, а также установить оптимальную конструкцию.
2. Разработать математические модели измельчения и классификации материалов в разработанных конструкциях мельниц, с помощью которых возможна разработка инженерных методик расчета
3. Выбрать перспективные направления применения разрабатываемых конструкций.

Научная новизна полученных результатов.

Научная новизна заключается в разработке новых высокоэффективных конструкций роторно-центробежных мельниц с проточной классификацией, а также в составлении математических моделей и экспериментальном исследовании параметров измельчения и классификации материалов в этих конструкциях.

Практическая значимость полученных результатов.

По теме диссертации созданы новые конструкции роторно-центробежных мельниц с проточной классификацией. Конструкции этих мельниц были внедрены на ОАО «Белмедпрепараты» в цехе № 6 для помола корня валерьяны, корня женьшеня, корня солодки, корня эхинацеи; в Научно-фармацевтическом центре ОАО «Белмедпрепараты» для помола растительного и синтетического сырья, а также в цехе № 1 ОАО «Белмедпрепараты» были проведены промышленные испытания роторно-центробежной мельницы со встроенным классификатором при помоле пшеницы. Акты приведены в приложении.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

1. Математические модели классификации измельченных материалов в мельнице с выносным пластинчатым классификатором. Математические модели измельчения и классификации в многоступенчатой роторно-центробежной мельнице

1612 аф

2. Результаты экспериментальных исследований разработанных конструкций роторно-центробежных мельниц с проточной классификацией.

3. Практические результаты исследования роторно-центробежных мельниц с проточной классификацией.

Личный вклад соискателя.

При непосредственном участии соискателя были разработаны и внедрены предлагаемые конструкции роторно-центробежных мельниц с проточной классификацией. Автором разработаны математические модели измельчения и классификации материалов, измельчаемых в предложенных конструкциях мельниц.

Апробация результатов диссертации.

Основные результаты исследований докладывались на следующих конференциях:

Международная научно-техническая конференция «Разработка импортозамещающих технологий и материалов в химической промышленности» – Минск, 1999

Международная научно-техническая конференция «Новые конкурентно-способные и прогрессивные технологии, машины и механизмы в условиях современного рынка» – ММИ, Могилев, 2000.

Международная научно-техническая конференция «Ресурсо- и энергосберегающие технологии в химической промышленности и промышленности строительных материалов» – Минск, 2000.

V Республиканская научная конференция студентов, магистрантов и аспирантов Республики Беларусь «НИРС – 2000» – Гродно, 2000.

Международная научно-техническая конференция «Ресурсосберегающие экотехнологии, возобновление и экономия энергии, сырья и материалов» – Гродно, 2000.

Международная научно-техническая конференция «Интерстроймех – 2002» – Могилев, 2002.

Опубликованность результатов.

По теме диссертации опубликовано 18 печатных работ, включая 3 патента РБ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, раздела о практической реализации, заключения и приложений, содержит 51 иллюстрацию и 1 таблицу. Список использованных источников составляет наименования. Полный объем диссертации – 168 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Состояние вопроса измельчения. Первая глава посвящена поиску оптимальных путей измельчения твердых материалов.

Проведен критический анализ научно-технической и патентной литературы. Рассмотрен механизм процесса измельчения твердых материалов и выявлен уровень влияния различных факторов на протекание данного процесса. Приведен краткий анализ теоретических основ разрушения материалов и ха-

рактеристика статей расхода энергии на измельчение. Дана классификация измельчителей и основные направления усовершенствования конструкций.

Показано, что процесс измельчения требует больших энергетических затрат и сопряжен с безвозвратной потерей металла из-за износа рабочих элементов, хотя на измельчение материала затрачивается незначительная часть энергии, потребляемая машиной. Основная часть энергии теряется в виде тепла, звука, а также на изнашивание рабочих органов машины.

Около 40% энергии, используемой в горнорудной промышленности, расходуется на измельчение, в комбикормовой – до 70%, в мукомольной – около 50%. Мощность привода мельниц в горнорудной промышленности и в цементном производстве достигает 8000 кВт.

Существенные энергетические затраты объясняются не только большими объемами перерабатываемых материалов, но и тем, что, используемые для измельчения машины, особенно для помола, отличаются чрезвычайно низкой эффективностью и КПД их составляет в лучшем случае несколько процентов.

С целью снижения расхода энергии на измельчение необходимо стремиться, чтобы разрушение материала происходило в основном за счет удара и, как можно, меньше за счет истирания. Различными исследованиями установлено, что при динамическом нагружении материала возникающие напряжения вдвое больше, чем при статическом. В литературных источниках также приводятся данные о том, что средняя работа измельчения ударом составляет примерно 42% от работы измельчения раздавливанием. Таким образом необходимо стремиться, чтобы материал как можно меньше подвергался деформациям.

Желательно, чтобы в рабочую зону измельчителя материал поступал в небольших объемах и, по возможности, кратковременно в ней задерживался. В этом случае материал значительно меньше будет подвергаться безрезультативному измельчению, а в конечном итоге снизятся затраты энергии на трение частиц между собой.

2. Разработка и исследования мельницы с пластинчатым классификатором. Во второй главе проведены теоретические и экспериментальные исследования роторно-центробежной мельницы с выносным пластинчатым классификатором. Был разработан опытный полупромышленный образец мельницы, конструкция которого представлена на рис. 1.

При теоретических исследованиях нами проанализированы основные силы, действующие на движущуюся в мельнице частицу, и составлены уравнения движения частицы в мельнице на различных участках ее обработки.

Было выяснено, что на эффективность классификации влияют следующие факторы:

- тонина помола частиц исходного материала;
- физико-химические характеристики материала (плотность, форма частиц, влажность, адгезионные свойства);

- количество пластин, установленных в классификаторе, расстояние между ними и величина угла наклона этих пластин α ;
- величина скорости уноса частиц из мельницы в классификатор.

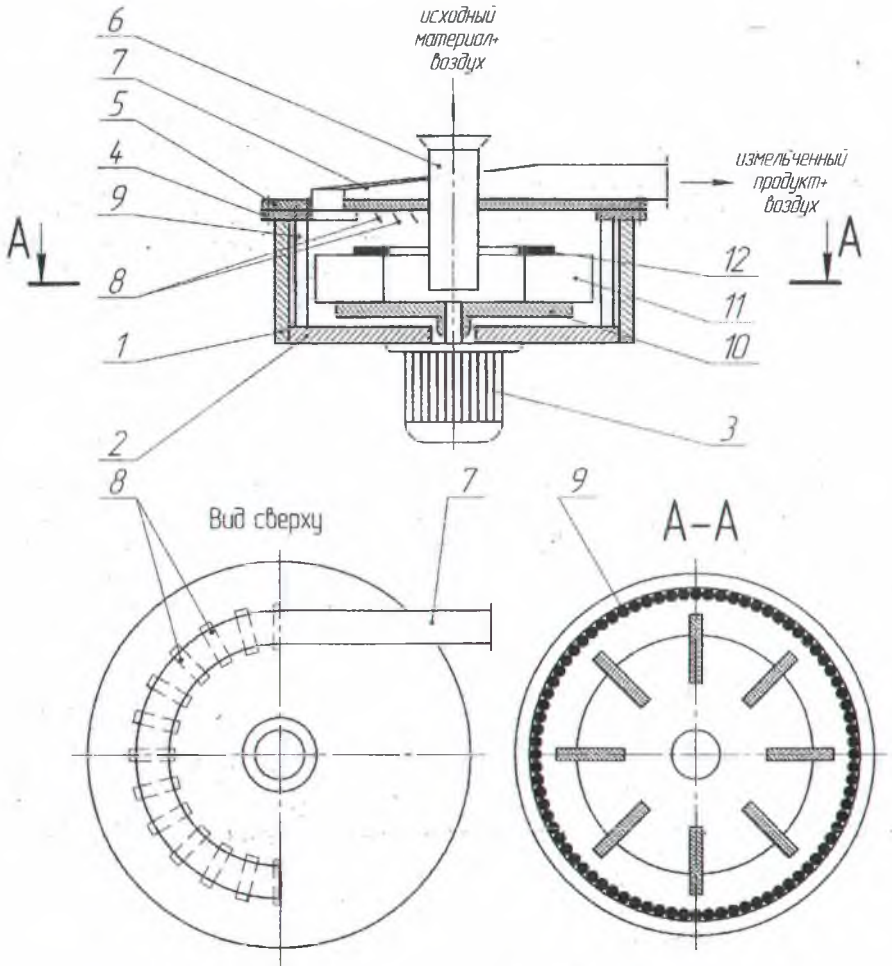


Рис. 1. Роторно-центробежная мельница со встроенным пластинчатым классификатором

- 1 – корпус; 2 – днище; 3 – электродвигатель; 4 – фланец; 5 – крышка; 6 – патрубок;
 7 – спиралеобразный разгрузочный патрубок; 8 – отбойные пластины;
 9 – отражательные стержни; 10 – диск; 11 – лопатки; 12 – кольцо

Была составлена и решена система дифференциальных уравнений движения частицы во входном патрубке, а затем в предлопастном пространстве в полярной системе координат:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2 r}{dt^2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\xi \cdot \rho_2 \cdot |w_r - V_r| (w_r - V_r) \cdot \frac{\pi \delta^2}{4}}{m}, \\ \frac{dr}{dt} = V_r, \\ \frac{d^2 y}{dt^2} = g \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_v} \right) - \frac{1}{2} \cdot \frac{\xi_1 \cdot \rho_2 V_y^2 \cdot \frac{\pi \delta^2}{4}}{m}, \\ \frac{dy}{dt} = V_y. \end{array} \right. \quad (1)$$

Решение системы уравнений (1) в численном виде с помощью ЭВМ, показало, что частицы различных размеров практически при любой скорости движения ротора очень быстро достигают поверхности диска ротора.

Далее проводилось описание движения частицы в межлопастном пространстве. При этом допускалось четыре вида движения частиц. Это движение частиц материала по диску ротора, свободный полет в межлопаточном пространстве, движение частиц по диску и лопатке ротора одновременно и движение частиц материала во

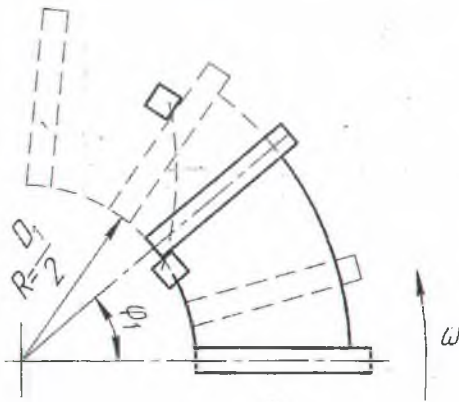


Рис. 2.

взвешенном состоянии по лопатке ротора (стесненный полет). Нами были просчитаны все виды движения на ЭВМ. Задачей расчетов являлось определение условий, при которых возможно осуществление перечисленных видов движения. С этой целью имевшиеся системы были дополнены уравнениями, описывающими движение ротора, и условия подхода частицы в межлопастное пространство принимались наиболее благоприятными (рис. 2).

Решение уравнений движения в межлопастном пространстве показало, что, даже при самых благоприятных условиях не возможна реализация таких, как движение частиц материала по диску ротора и свободный полет в межлопаточном пространстве. Даже самые мелкие частицы размером в несколько микрон ударяются о набегающую лопатку на относительной длине не превышающей 16%.

Поэтому далее рассматривалось движение частицы только по лопатке и одновременно по лопатке и по диску.

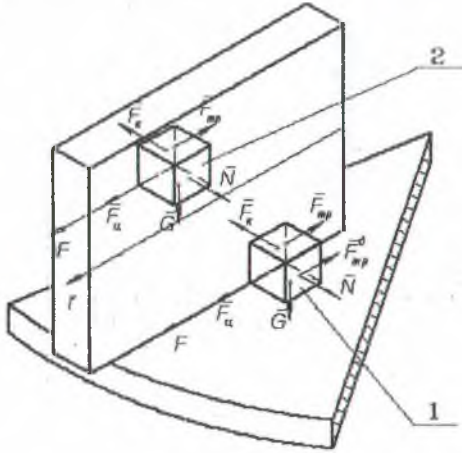


Рис. 3.

На рис. 3 показаны варианты движения частицы в межлопатном пространстве (1 — частица одновременно движется по диску и по лопатке, 2 — только по лопатке).

Движение частицы в восходящем потоке мельницы после удара ее об отражательную поверхность описано в цилиндрической системе координат следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dv_r}{dt} = v_\varphi - \frac{\xi_r \rho_z v_r^2 \pi d^2}{8m}, \\ \frac{dv_\varphi}{dt} = -\frac{2v_\varphi v_r}{r} + \frac{1}{8} \xi_\varphi \frac{\rho_z}{m} |w_\varphi - v_\varphi| (w_\varphi - v_\varphi) \pi d^2, \\ \frac{dv_z}{dt} = -g + \frac{1}{8} \xi_z \frac{\rho_z}{m} |w_z - v_z| (w_z - v_z) \pi d^2. \end{cases} \quad (2)$$

При решении системы уравнений с помощью ЭВМ был определен максимальный размер частиц, который может быть поднят к крышке мельницы воздушным потоком, создаваемым ротором мельницы. Результаты решения представлены на графике рис. 4. Как показали экспериментальные исследования, у поверхности крышки частицы движутся сплошным шлейфом. Скорость движения всех частиц определяется скоростью движения крупных частиц, так как они более инерционны. При расчетах было установлено, что для исследуемых материалов различных плотностей и крупностей, а также для разных скоростей движения ротора, скорость крупных частиц, которую принимали в качестве скорости движения шлейфа $v_{\text{шлейфа}}$, находилась в пределах от 7,5 до 8 м/с.

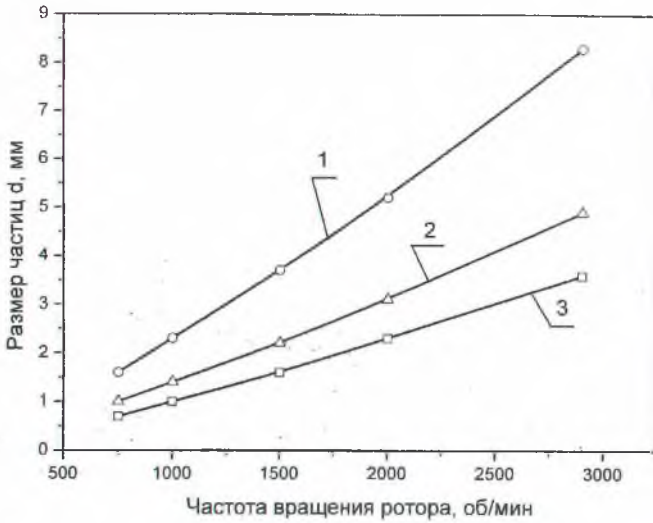


Рис. 4. Зависимость размер частиц, достигающих крышки мельницы от скорости вращения ротора

1 – $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$; 2 – $\rho = 2000 \text{ кг/м}^3$; 3 – $\rho = 3000 \text{ кг/м}^3$.

Движущийся шлейф частиц продувается потоком воздуха, проходящим через зазоры между пластинами классификатора.

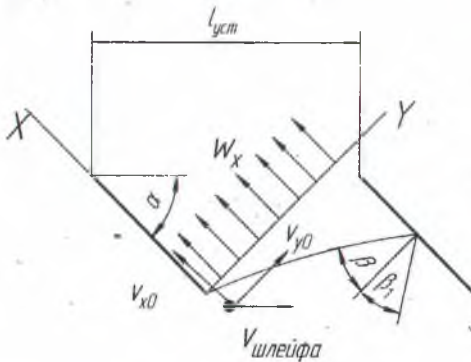


Рис. 5. Расчетная схема движения частиц в классификаторе

Скорость воздуха между пластинами классификатора определялась по формуле:

$$w_x = \frac{2w_z}{\sin(\alpha)}, \quad (3)$$

где α – угол наклона пластин классификатора.

Движение частицы в классификаторе можно описать следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dv_y}{dt} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{\xi_y \rho_z |v_y| (v_y) \frac{\pi d^2}{4}}{m} - g \cos(\alpha), \\ \frac{dv_x}{dt} = \frac{\xi_x \rho_z |v_x - w_x| (v_x - w_x) \frac{\pi d^2}{4}}{2m} - g \sin(\alpha), \end{cases} \quad (4)$$

где ξ_y – коэффициент сопротивления движению частицы в направлении оси OY :

$$\xi_y = \frac{24 \cdot \nu}{v_y d} \left[1 + 0,167 \left(\frac{v_y}{\nu} \right)^{0,67} \right]; \quad (5)$$

ξ_x – коэффициент сопротивления движению частицы в направлении оси OX :

$$\xi_x = \frac{24}{\frac{|v_x - w_x| d}{\nu}} \left[1 + 0,167 \left(\frac{|v_x - w_x| d}{\nu} \right)^{0,67} \right]. \quad (6)$$

Результаты решения системы представлены на графике рис. 6.

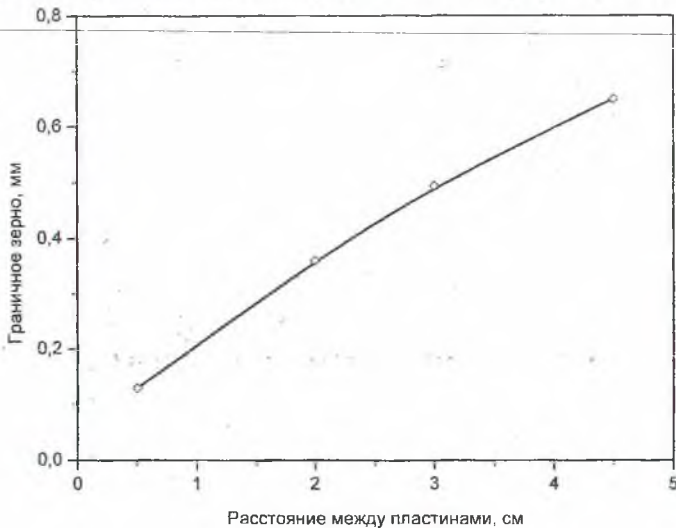


Рис. 6. Зависимость изменения граничного зерна от расстояния между пластинами при плотности материала $\rho = 1500 \text{ кг/м}^3$, частоте вращения ротора $n = 2900 \text{ об/мин}$ и угле наклона пластин $\alpha = 45^\circ$

3. Разработка и исследование многоступенчатой роторно-центробежной мельницы. Процессы измельчения находят широкое

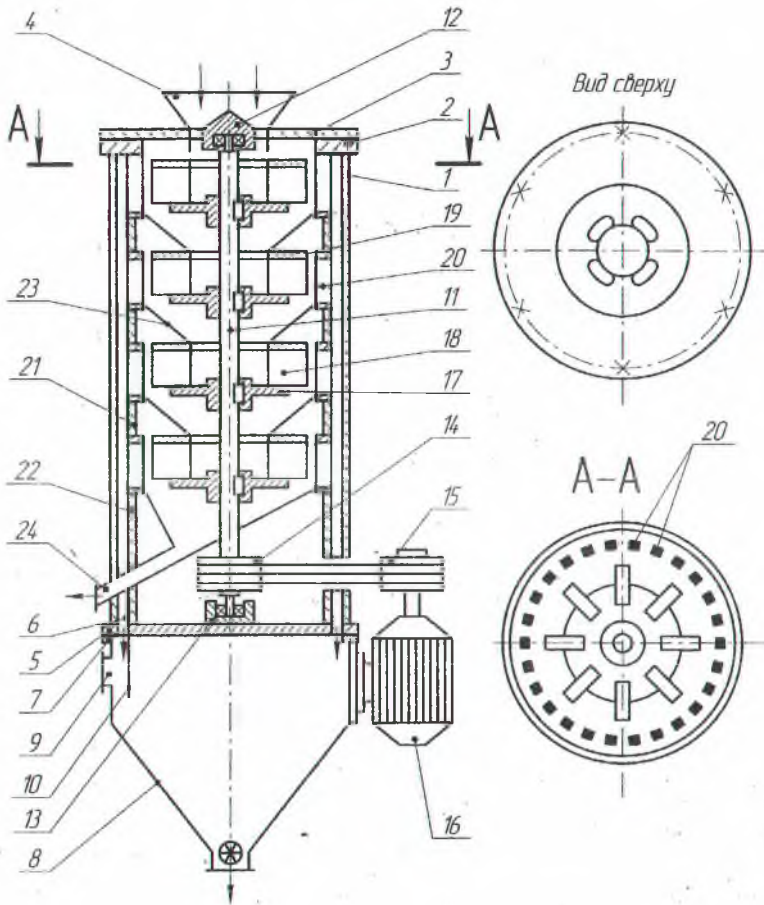


Рис. 7 Многоступенчатая роторно-центробежная мельница с проточной классификацией материала

1 – корпус; 2 – фланец; 3 – крышка; 4 – воронка; 5 – днище; 6 – кольцевые щели; 7 – фланец; 8 – бункер; 9 – патрубок; 10 – отбойная пластина; 11 – вал; 12, 13 – подшипниковые узлы; 14, 15 – шкивы; 16 – электродвигатель; 17 – диски; 18 – лопасти; 19 кольца; 20 – отражательные стержни; 21 – цилиндрические обечайки; 22 – нижняя обечайка; 23 – конуса; 24 – патрубок

применение при обогащении минеральных руд. Эффективность обогащения руды в значительной степени определяется степенью раскрытия минералов в

исходном сырье. В свою очередь, раскрытие минералов осуществляется путем измельчения руды до необходимой крупности. Сильвинитовая руда состоит из трех основных компонентов: хлористого калия, хлористого натрия и галопелита. Полезным извлекаемым минералом является хлористый калий, а два других компонента отправляются в отвал. Галопелит содержит в своем составе различные сочетания глинистых минералов, карбонатов, сульфатов, хлоридов и т.д. Известно, что $NaCl$ и KCl относятся к легкоизмельчаемым компонентам руды, а галопелит – к трудноизмельчаемым. На основании этих свойств сильвинитовой руды нами была предложена конструкция многоступенчатой мельницы с проточной классификацией, в которой осуществлен принцип избирательного измельчения. Третья глава посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям этой мельницы, схема которой представлена на рис. 7.

Исследования проводились на экспериментальной установке, включающей одну ступень мельницы и все необходимые приборы для измерения мощности и производительности мельницы. В качестве материала для экспериментальных исследований применялись сильвинитовая руда, мел и гипс.

При теоретических исследованиях были учтены математические модели, разработанные при исследованиях мельницы с пластинчатым классификатором, и для данной конструкции нами были составлены математические модели только зоны классификации материала.

Гидродинамическая схема кольцевого пространства для расчёта характеристик газового потока представлена на рис.8.

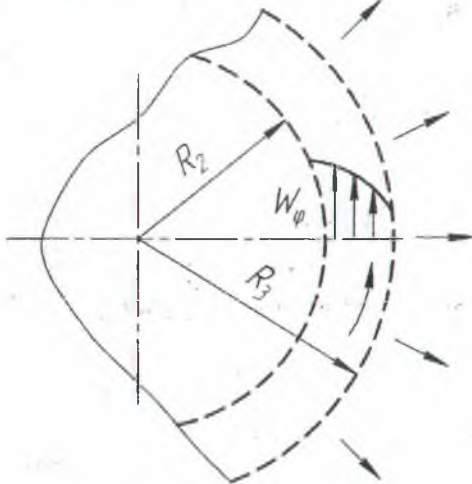


Рис. 8 Схема движения газового потока в канале

цевом канале газового потока.

Уравнения Навье-Стокса, описывающее движение газа, преобразуются в систему двух обыкновенных дифференциальных уравнений:

Движение частицы в кольцевом канале, ограниченном внешними кромками ротора и классифицирующей поверхностью, определяется начальными кинематическими параметрами частицы (т.е. величиной полной скорости и ее направлением при входе в кольцевой канал) и гидродинамическим воздействием на частицу движущегося в коль-

$$\begin{cases} \frac{dP}{dr} = \rho_0 \left(\frac{W_\varphi^2}{r} + \frac{Q'^2}{4\pi^2 r^3} \right), \\ \frac{d^2 W_\varphi}{dr^2} - \frac{1}{r} \left(\frac{Q'}{2\pi\nu} - 1 \right) \frac{dW_\varphi}{dr} - \frac{1}{r^2} \left(\frac{Q'}{2\pi\nu} + 1 \right) W_\varphi = 0, \end{cases} \quad (7)$$

где P – давление, создаваемое газовым потоком, движущимся в кольцевом канале;

W_φ – тангенциальная составляющая скорости газового потока в кольцевом канале.

Перейдя к относительному радиусу $\bar{r} = \frac{r}{R_3}$, обозначим $r_0 = \frac{R_2}{R_3}$. За граничные условия принимаем: $P|_{r=r_0} = P_0$; $W_\varphi|_{r=r_0} = \omega R_0 = W_0$; $W_\varphi|_{r=1} = 0 = W_1$.

Решение системы уравнений (7) при данных граничных условиях будет иметь вид:

$$\begin{cases} W_r = \frac{Q'}{2\pi r b}, \\ W_\varphi = \frac{W_1 r_0}{1-r_0^{\alpha+2}} \cdot \frac{1}{\bar{r}} - \frac{W_1 r_0}{1-r_0^{\alpha+2}} \bar{r}^{\alpha+1}, \end{cases} \quad (8)$$

где $\alpha = \frac{Q'}{2\pi\nu}$.

Основной силой, действующей на частицу в кольцевом пространстве, является сила гидродинамического воздействия потока газа, движущегося с некоторой скоростью относительно частицы:

$$F = \frac{1}{2} K_\phi \xi \cdot \rho_c |W - V| (W - V). \quad (9)$$

С учетом решения системы (7) уравнения движения частицы в полярной системе координат будут иметь вид:

$$\begin{cases} m \left(\frac{dV_r}{dt} - \frac{V_\varphi^2}{r} \right) = F_r, \\ m \left(\frac{dV_\varphi}{dt} + 2 \frac{V_\varphi V_r}{r} \right) = F_\varphi, \end{cases} \quad (10)$$

где V_r , V_φ – радиальная и тангенциальная составляющие скорости частицы соответственно.

Решая систему (10), определяем составляющие скорости частицы и рассчитываем размер граничного зерна.

На рис 9. представлены зависимости граничного зерна разделения от размеров щелей между отбойными стержнями.

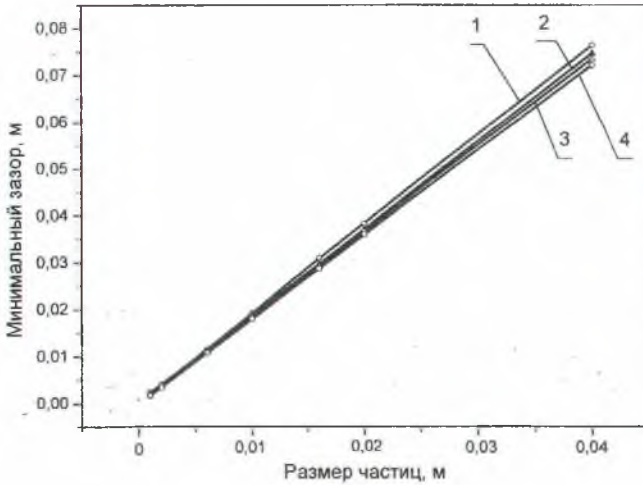


Рис. 9. Зависимость размера частиц от минимального зазора между стресснями.
 1 – $n = 3000$ об/мин; 2 – $n = 1500$ об/мин;
 3 – $n = 1000$ об/мин; 4 – $n = 750$ об/мин;

4. Практическая реализация исследованных аппаратов. Разработанная конструкция мельницы была внедрена на ОАО «Белмедпрепараты».

Внедрение данной конструкции в цехе № 6 ОАО «Белмедпрепараты» позволило более эффективно измельчать корень валерианы, корень женьшеня, корень солодки, корень эхинацеи с получением размеров частиц менее 63 мкм . Получение этих продуктов помола дало возможность начать выпуск более качественной продукции, а также сократить ряд рабочих мест, уменьшив, тем самым, себестоимость продукции.

Данная конструкция мельницы была также внедрена в Научно-фармацевтическом центре при ОАО «Белмедпрепараты». Мельница применяется для помола растительного и синтетического сырья. Использование её позволило получать частицы размером менее 100 мкм и создать новые экспериментальные образцы лекарств, получение которых ранее было невозможно, т.к. не было возможности получать ингредиенты, измельченные до необходимого размера частиц.

Исследуемая мельница прошла промышленные испытания в цехе № 1 ОАО «Белмедпрепараты» при помоле отрубей пшеницы. Анализы полученного измельченного продукта дали удовлетворительные результаты и принято решение о внедрении промышленного образца.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведен критический анализ известных способов и оборудования для измельчения материалов. Показано, что существующие модели измельчи-

телей неэффективны с точки зрения энергозатрат, так как происходит значительный перерасход энергии за счет переизмельчения материалов. Поэтому перспективно использование мельничных комплексов со встроенными классификаторами.

2. Разработаны новые конструкции мельниц с проточной классификацией, на которые получены три патента.

3. Изучены физические модели процессов измельчения и классификации в роторно-центробежных мельницах, основные положения которых проверены экспериментальным путем. Разработаны математические модели классификации в выносном проточном классификаторе с наклонными пластинами, а также движения частицы в многоступенчатой мельнице с учетом сопротивления среды.

4. Экспериментально изучено влияние различных конструктивных и технологических параметров на измельчение различных материалов в предложенных конструкциях. На основе экспериментальных исследований определены оптимальные конструктивно-технологические параметры для разработанных конструкций мельниц.

5. Даны рекомендации по применению и проектированию разработанных конструкций мельниц. Промышленные испытания и внедрения разработанных конструкций мельниц в цехе № 6 на ОАО «Белмедпрепараты» и в научно-фармацевтическом центре при ОАО «Белмедпрепараты» показывают высокую надежность и эффективность данных конструкций.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Левданский А. Э., Вилькоцкий А. И., Левданский Э. И. Многоступенчатая роторно-центробежная мельница для измельчения сыпучих и кусковых материалов. // В сб. "Разработка импортозамещающих технологий и материалов в химической промышленности" Тез. докл. Международной научно-технической конференции. Минск 1999. С.65-66.

2. Пат. 4706 С2 ВУ, МПК В02С13/14. Мельница / А. Э. Левданский, А. И. Вилькоцкий, Э. И. Левданский, С. Э. Левданский (РБ). – №19990428; Заявл. 29.04.99; Оpubл. 30.09.02 // Афіцыйны бюлетэнь Дзярж. Пат. Ведамства РБ. – 2002. – №3. – С.110.

3. Пат. 6222 С2 ВУ, МПК В07В4/08. Машина для измельчения материалов. / А. Э. Левданский, Э. И. Левданский, А. И. Вилькоцкий (РБ). – №20000256; Заявл. 21.03.00; Оpubл. 30.03.04 // Афіцыйны бюлетэнь Дзярж. Пат. Ведамства РБ. – 2004. – №1. – С.98.

4. Пат. 5976 С2 ВУ, МПК В07В4/08. Устройство для растворения материалов / А. Э. Левданский, В. А. Гвоздев, Э. И. Левданский, А. И. Вилькоцкий (РБ). – №20000255; Заявл. 21.03.00; Оpubл. 30.03.04 // Афіцыйны бюлетэнь Дзярж. Пат. Ведамства РБ. – 2004. – №1. – С.98

5. Вилькоцкий А. И. Роторно-центробежная мельница со встроенным

классификатором // V Республиканская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов Республики Беларусь: Материалы научной конференции, ГРГУ, Гродно. – 25 – 27 апреля 2000 г.

6. Левданский А.Э., Вилькоцкий А. И., Гарабажиу А. А. Разработка и исследование роторно-центробежных мельниц с проточной классификацией // Тезисы докладов Международной научно-техн. конференции «Новые конкурентоспособные и прогрессивные технологии, машины и механизмы в условиях современного рынка». – Могилев. – 2000. – С.46-48

7. Левданский А. Э., Вилькоцкий А. И., Гарабажиу А. А. Исследование роторно-центробежной мельницы с встроенным классификатором // Химия и технология неорганических веществ: Труды БГТУ. – Минск, 2000. – Вып.8. – С.271-276

8. Левданский А.Э., Вилькоцкий А. И., Левданский Э. И. Разработка и исследование многокаскадной роторно-центробежной мельницы // Тезисы докладов Международной научно-техн. конференции «Ресурсо- и энергосберегающие технологии в химической и нефтехимической промышленности». – Минск. – 2000. – С.45-46.

9. Левданский А. Э., Вилькоцкий А.И. Исследование роторно-центробежной мельницы со встроенным проточным классификатором. // Ресурсосберегающие экотехнологии возобновление и экономия энергии сырья и материалов: Тезисы докл. 4^{ой} Международной научно-технической конференции. – Гродно. 2002.

10. Левданский А. Э., Левданский Э.И. Вилькоцкий А.И. Некоторые пути энергосбережения при переработке влажных мелов // Труды БГТУ. – Серия III. Химическая технология неорганических веществ. Вып. IX, – Минск, 2001

11. Левданский А. Э., Левданский Э.И. Вилькоцкий А.И. Разработка и создание математической модели процессов проточной классификации в линейном грохоте // Труды БГТУ. – Серия III. Химическая технология неорганических веществ. Вып. IX, – Минск, 2001

12. Левданский А. Э., Вилькоцкий А. И., Левданский Э. И. Избирательное измельчение силвинитовой руды в многоступенчатой роторно-центробежной мельнице // Хим. пром. – 2002. – №5. – С.37-41

13. Левданский А. Э., Вилькоцкий А. И., Левданский Э. И. Исследования обогащения силвинитовой руды в многоступенчатой роторно-центробежной мельнице // Тезисы докладов Международной научно-техн. конференции «Интерстроймех-2002». – Могилев. – 2002. – С.118-121.

14. Левданский А. Э., Левданский Э.И. Вилькоцкий А.И. Убранное сохраняем // Белорусское сельское хозяйство. – 2002. – № 3.

15. Левданский А. Э., Левданский Э.И. Вилькоцкий А.И. Новые конструкции ударно-центробежных мельниц // Белорусское сельское хозяйство. – 2002. – № 3.

16. Левданский А. Э., Левданский Э. И., Вилькоцкий А. И. Энергосберегающая технология производства крупы // Белорусское сельское хозяйство. – 2002. – №3. – С.41-42

17. Левданский А. Э., Вилькоцкий А. И., Левданский Э. И. Исследование многоступенчатой проточной мельницы при избирательном измельчении сильвинитовой руды // Весці НАН Беларусі. Сер. физ.-тех. наук. – 2002. – № 4. – С.136-140.

18. Левданский А. Э., Вилькоцкий А. И., Левданский Э. И. Многоступенчатая мельница с проточной классификацией для избирательного измельчения сильвинитовой руды // Журн. прикл. химии. – 2002. – Т.75, №11. – С.1881-1884.



РЭЗЮМЭ

Вількоцкі Андрэй Іванавіч

**Здрабненне матэрыялаў у ротарна-цэнтрабежных
млынах з праточнай класіфікацыяй**

**МЛЫН, ЗДРАБНЕННЕ, КРЫТЫЧНАЯ ХУТКАСЦЬ, СІЛЬВІНІТ,
ЭКСПЕРЫМЕНТ, ЭФЕКТЫЎНАСЬ, ГРАНУЛАМЕТРЫЧНЫ
СКЛАД, АДНОСНЫЯ ЗАТРАТЫ ЭНЕРГІІ, МАТЭМАТЫЧНАЯ
МАДЭЛЬ**

Аб'ектам даследаванняў служылі ротарна-цэнтрабежныя млыны з праточнай класіфікацыяй.

Мэтай дысертацыйнай работы з'яўляецца стварэнне высокаэфектыўных канструкцый млыноў з мінімальнымі энергазатратамі пры здрабненні розных матэрыялаў.

У дадзенай рабоце на падставе крытычнага аналізу існуючай навукова-тэхнічнай літаратуры распрацаваны новыя канструкцыі млыноў з праточнай класіфікацыяй, праведзены іх тэарэтычныя і эксперыментальныя даследаванні.

Пры тэарэтычных даследаваннях было вызначана гранічнае зерне раздзялення, яго залежнасць ад розных канструкцыйных параметраў млына і класіфікатара, а таксама ад фізіка-хімічных якасцяў здрабняемых матэрыялаў. Гэта дазволіла даць рэкамендацыі для праектавання канструкцый млыноў.

Зроблена прамысловае ўкараненне распрацаваных канструкцый млыноў у цэху № 6 ААТ "Белмедпрэпараты", што дало магчычасць інтэнсіфікаваць працэс здрабнення караня валер'яны, караня жэныпэня, караня салодкі і караня эхінацэі і тым самым лавысіць якасць гатовай прадукцыі пры зніжэнні агульных энергазатрат. Дадзеная канструкцыя таксама была ўкаранёна ў Навукова-фармацэўтычным цэнтры пры ААТ "Белмедпрэпараты" для здрабнення расліннай і сінтэтычнай сыравіны. Выкарыстанне гэтага млына дазволіла стварыць эксперыментальныя ўзоры лекаў, атрымаць якія раней было нельга, таму што не было магчымасці атрымліваць інгрыдыенты, здробнення да неабходнага памеру часцінак. Выяўлена і абгрунтавана перспектыўнасць выкарыстання такіх апаратаў і пры здрабненні сільвінітавай руды, у прыватнасці для адводу нерастваральнага асадку яшчэ на стадыі здрабнення.

РЕЗЮМЕ

Вилькоцкий Андрей Иванович

Измельчение материалов в роторно-центробежных мельницах с проточной классификацией

МЕЛЬНИЦА, ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ, КРИТИЧЕСКАЯ СКОРОСТЬ, СИЛЬВИНИТ, ЭКСПЕРИМЕНТ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ, УДЕЛЬНЫЕ ЭНЕРГОЗАТРАТЫ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Объектом исследований служили роторно-центробежные мельницы с проточной классификацией.

Целью диссертационной работы является создание высокоэффективных конструкций мельниц с минимальными энергозатратами при измельчении различных материалов.

В настоящей работе на основании критического анализа существующей научно-технической литературы разработаны новые конструкции измельчителей с проточной классификацией, проведены их теоретические и экспериментальные исследования.

При теоретических исследованиях было определено граничное зерно разделения, его зависимость от различных конструктивных параметров мельницы и классификаторов, а также от физико-химических свойств измельчаемых материалов. Это позволило дать рекомендации для проектирования конструкций измельчителей.

Осуществлено промышленное внедрение разработанных конструкций мельниц в цеху № 6 ОАО «Белмедпрепараты», что позволило интенсифицировать процесс измельчения корня валерианы, корня женьшеня, корня солодки и корня эхинацеи и тем-самым повысить качество готовой продукции при снижении общих энергозатрат. Данная конструкция также была внедрена в Научно-фармацевтическом центре при ОАО «Белмедпрепараты» для измельчения растительного и синтетического сырья. Применение этой мельницы позволило создать экспериментальные образцы лекарств, получить которые ранее было нельзя, т.к. не было возможности получать ингредиенты, измельченные до необходимого размера частиц. Выявлена и обоснована перспективность применения таких аппаратов и при измельчении сильвинитовой руды, в частности для отвода нерастворимого осадка еще на стадии измельчения.

SUMMARY
Vilkotsky Andre

Breakage of the materials at the rotor- centrifugal mills with flowing classification

MILL, BREAKAGE, CRITICAL SPEED, SYLVINITE, EXPERIMENT, EFFECTIVENESS, GRANULOMETRIC COMPOSITION, SPECIFIC POWER INPUTS, MATHEMATICAL MODEL

The object of the investigations was the rotor-centrifugal mills with flowing classification.

The purpose of the dissertation is the creation of the high-performance construction of the mills with minimum power inputs for breakage different materials.

In the dissertation there are new constructions of the mills with flowing classification and their theoretical and experimental investigations witch performed on account of critical analysis of the present scientific technical literature.

During theoretical investigations it was determinated boundary value of division, its dependence on different structural parameters of the mill and the classifiers and on the physicochemical characteristics of the milled materials. All this give a chance to make recommendations for designing of the constructions of the mills.

Application to production of the developed constructions was performed on the department №6 plant "Belmedpreparations". It give a chance to intensify the process of breakage of the valerian root, the liquorice, etc. and to raise the quality of the ready products, to lower total power inputs. The construction was applied to breakage of the plant and synthetical raw materials at scientific-pharmaceutical center of the factory "Belmedpreparations". The mill permit to produce experimental samples of the before unable medicines because of it was unable to reduce to necessary fragments of components for the drugs. Use of the mills was discovered and based for breakage of sylvinitic ore, in particular for taking insoluble deposition on stage of breakage.

и/мл

Вилькоцкий Андрей Иванович

**ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В РОТОРНО-
ЦЕНТРОБЕЖНЫХ МЕЛЬНИЦАХ
С ПРОТОЧНОЙ КЛАССИФИКАЦИЕЙ**

Подписано в печать 15.11.04.
Подписано в печать 07.10.04. Формат 60 × 84 ¹/₁₆.
Помер
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
а Усл. печ. л. 1,1. Уч.-изд. л. 1,1.
Тираж 80 экз. Заказ ~~578~~

Усл. др. арх. 1, 2.

Усл.-взд. арх. 1, 2.

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет»
220050, Минск, Свердлова, 13а. Лицензия ИИ № 02330/0133255 от 30.04.04

Лицензия

ар

Подрукавако ў

Отпечатано в лаборатории полиграфии учреждения образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220050, Минск, Свердлова, 13.