

• Ожидаемый экономический эффект от внедрения системы управления процессом температурной обработки окатышей, например, на ЦГОКе составит более 100 тыс. грн. за год.

Список литературы

1. **Ксендзовский В.Р.** Автоматизация процесса производства окатышей / В.Р.Ксендзовский. –М.: Металлургия, 1971. –216 с.

2. Разработка математических моделей для расчета теплотехнических параметров обжига окатышей на конвейерных машинах / Г.М. Майзель, А.П. Буткарев, Ф.Р.Шкляр [и др.] // Сталь. –1981. №4. –С. 21-25.

3. **Графман Семен Михайлович.** Теплотехнические и аэродинамические исследования обжига и охлаждения железорудных окатышей в кипящем слое: дисс. канд. техн. наук: 05.14.04 / Графман Семен Михайлович. –Донецк, 1975. –179 с. –Библиогр.: -С. 165–178.

4. **Федченко Николай Николаевич.** Исследование процесса термообработки железорудных окатышей и разработка системы автоматической оптимизации: дисс. канд. техн. наук: 05.13.07 / Федченко Николай Николаевич. –К., 1979. –178 с.

5. **Петрушов С.И.** Современный агломерационный процесс./ Петрушов С.И. –Алчевск, ДонГТУ, 2006. -357 с.

УДК

Д.Н. ВОРНИКОВ, студент, Криворожский технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ РАБОТЫ МЕЛЬНИЦЫ

Приведен обзор существующих методов измельчения минерального сырья, а также описание исследований и разработки системы и программного обеспечения контроля управления режимом работы мельницы.

Наведено огляд існуючих методів здрібнювання мінеральної сировини, а також опис досліджень і розробки системи й програмного забезпечення контролю управління режимом роботи млина.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Измельчение и классификация минерального сырья являются основными подготовительными операциями перед его обогащением. Измельчение сырья производится в стержневых и шаровых мельницах, а также в мельницах мокрого измельчения. Мельница и классификатор могут работать последовательно, раздельно или в замкнутом цикле друг с другом. Измельчение полезных ископаемых - это один из наиболее важных процессов в обогащении и перерабатывающей промышленности.

Постановка задачи. Создание программного продукта предназначенного для выполнения следующих задач:

- управления технологическим процессом измельчения и классификации, руды на различных стадиях;

- непрерывного измерения, контроля и регулирования технологических параметров;
- диагностики и контроля состояния оборудования цеха измельчения.

Изложения материала и результаты. Измельчение и классификация минерального сырья являются основными подготовительными операциями перед его обогащением. Измельчение сырья производится в стержневых и шаровых мельницах, а также в мельницах мокрого измельчения. Мельница и классификатор могут работать последовательно, раздельно или в замкнутом цикле друг с другом.

Измельчение полезных ископаемых - это один из наиболее важных процессов в обогащении и перерабатывающей промышленности. На горно-обогатительных комбинатах на него тратится 5-20 % всей электроэнергии мира. При стандартной рудоподготовке измельчение осуществляют преимущественно в шаровых мельницах в три стадии. Около 14 % руд стран СНГ перерабатываются по технологии самоизмельчения, однако ожидаемые экономические преимущества от их использования в полной мере не достигнуты. Более эффективным является комбинированное измельчение и полусамоизмельчение, которые повышают массовую долю железа в концентрате на 0,3 %.

Среди последних разработок - усовершенствованные шаровые мельницы с низким уровнем слива и повышенной на 14 % удельной производительностью. В целом на процессы измельчения приходится 50-70 % общих капитальных и эксплуатационных затрат и наибольшие затраты металла. Основной причиной этой ситуации является доминирование традиционных барабанных мельниц с недостаточно удовлетворительными металлоемкостью, эффективностью, удельными производительностью, площадью и объемом производственных зданий, а также повышенным расходом измельчающих тел и футеровок. Попытки улучшить ситуацию увеличением размеров мельниц часто не оправданы, в частности из-за усложнения приводов. Большое значение приобретают вопросы поиска новых путей ресурсосбережения, направлений интенсификации и повышения эффективности процессов измельчения, разработка нового оборудования со сниженными приведенными затратами.

Одним из основных направлений является критический анализ преимуществ и недостатков существующего измельчающего оборудования с целью выявления возможностей дальнейшего улучшения его показателей, в том числе благодаря оптимизации конструкции и технологических схем применения, режимов измельчения и автоматического управления. Среди перспективных - научное обоснование современных принципов эффективного разрушения и разработка для их практической реализации нового типа барабанных мельниц, которые сохраняют преимущества существующего оборудования и лишены его недостатков.

К перспективному оборудованию относится мельница принудительного ресурсосберегающего измельчения, которая работает как на до-, так и на сверхкритических частотах вращения, нередко имеет на порядок выше

удельную производительность по сравнению с шаровыми мельницами, на много меньшие Удельные затраты металла, более простые электромеханические системы и повышенный коэффициент движения. Научно-исследовательские работы в указанном направлении осуществлялись ведущими проектными, научными и производственными объединениями и организациями, а также промышленными предприятиями.

Экспериментальные мельницы нового типа испытаны в полупромышленных условиях предприятий черной и цветной металлургии, строительной области и т. д. Измельчению подвергали различные рудные и нерудные материалы. Полученные результаты подтвердили перспективность промышленного использования этого типа мельниц, особенно при необходимости получения тонких продуктов. В перспективе - возможности обоснования принципов интенсификации измельчения и ресурсосбережения, усовершенствование технологии процесса измельчения и изучение конструктивных особенностей перспективных ресурсосберегающих мельниц, усовершенствование технологии разрушения и изучение ее закономерностей при измельчении и самоизмельчении различных материалов. Рассмотрены также вопросы энергетической и технологической эффективности традиционных и новых мельниц, приведены принципы автоматизации процессов работы мельниц, данные по определению их основных размеров, статистически обоснованные модели энергетических и технологических показателей и рекомендации по использованию новых мельниц.

1. Автоматический контроль состояния механизмов:

- a) температуры подшипников механизмов и машин;
- b) параметров системы маслосмазки;
- c) состояния перегрузочных узлов отделения измельчения;
- d) длительности работ и простоя технологических механизмов.

2. Автоматический контроль технологических параметров цикла измельчения:

- a) производительности цикла по исходной руде;
- b) расхода воды, подаваемой в цикл измельчения;
- c) гранулометрического состава продукта измельчения (слива классифицирующего аппарата);
- d) заполненности барабана мельницы рудой;
- e) загрузки мельницы дробящей средой;
- f) уровня пульпы в зумпфах насосов гидроциклонов;
- g) циркуляционных нагрузок цикла измельчения.

3. Автоматическое управление циклом измельчения:

- a) Стабилизацией технологических параметров цикла;
- b) Оптимизацией работы цикла.

Зачем нужна автоматизация процессов измельчения? С одной стороны, автоматизация данного процесса предназначена для поддержания требуемых режимов измельчения и классификации в условиях изменяющегося качества измельчаемого сырья и других условий измельчения (загрузки мелющих тел,

водных режимов, циркуляционной нагрузки и прочее). С другой, автоматизация – снижение издержек производства и максимизация прибыли. Оба мнения справедливы, поэтому следует учитывать как мнение технологов, так и мнение инвесторов, поскольку они не противоречат, а взаимно дополняют друг друга.

Что мы имеем на сегодняшний день? Уровень автоматизации процессов измельчения сильно отличается на различных предприятиях: от практически нулевого уровня до достаточно развитых систем интеллектуальной оптимизации процесса. Наиболее типичные задачи автоматизации, решаемые посредством введения контуров стабилизации соответствующих технологических параметров в порядке уменьшения их распространенности:

- стабилизация расхода руды в мельницу;
- стабилизация соотношения «руда-вода» посредством подачи воды в мельницу;
- стабилизация плотности слива классифицирующего аппарата (классификатора или гидроциклона) подачей дополнительной воды в классификатор или ЗУМПФ.

В 95 % случаев автоматизация процессов измельчения этим и ограничивается.

В данной научной работе я попытаюсь создать ПО управления процессом измельчения воздействием на подачу исходной руды в цикл и расхода воды в мельницу.

Целью научной работы является обучение практическим приемам математического моделирования автоматизированных информационных систем.

Целью создания автоматизированной системы является повышение эффективности функционирования технологического комплекса за счет улучшения системы регулирования и контроля подачи исходной руды и расхода воды в мельницу.

Условием достижения поставленной цели является улучшение качества и оперативности обработки информации.

На территории Кривбаса получили распространение мельницы типа МШ-4, МШ-5, МШ-6 из-за простоты конструкции, надежности, стоимости и производительности.

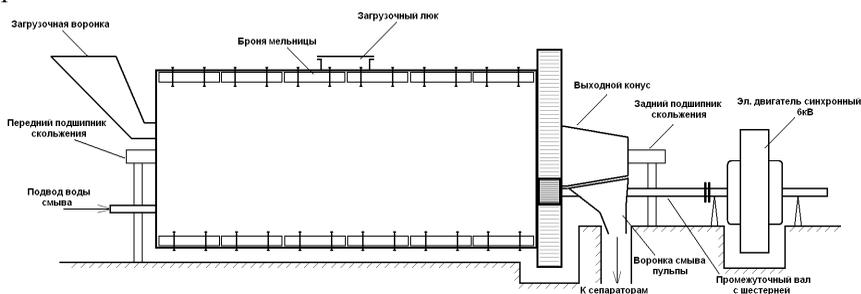


Рис. 1. Шаровая мельница МШ-6

При повышении частоты вращения барабана до критической наступает момент, когда центробежные силы уравнивают силы тяжести мелющих тел, которые, не отрываясь, начинают вращаться вместе с внутренней поверхностью барабана, и измельчение руды практически прекращается.

Критической частотой вращения барабана называют такую частоту, при которой мелющие тела прижимаются центробежной силой к внутренней поверхности барабана и вращаются вместе с барабаном, не отрываясь. Критическая частота вращения вычисляется по формуле:

$$n_{кр} = 42,3 / \sqrt{D} \text{ (об/мин)}$$

где D — диаметр барабана мельницы, м.

На рис. 2 изображена схема движения мелющих тел в барабане мельницы:

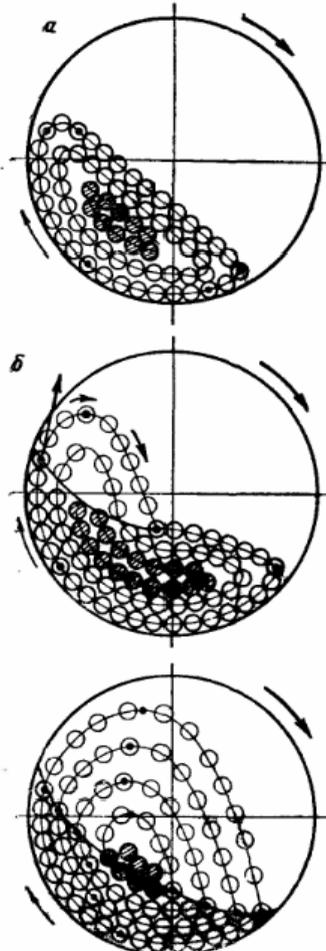


Рис 2. Схема движения мелющих тел в барабане мельницы
а) При каскадном режиме; б) При смешанном режиме; в) при водопадном режиме

При работе мельницы частота вращения барабана должна быть меньше критической. В зависимости от частоты вращения барабана в мельнице создаются различные режимы измельчения.

Если фактическая частота вращения барабана составляет не менее 0,76-0,88 критической, создается так называемый водопадный режим измельчения, когда основная масса мелющих тел поднимается вместе с внутренней поверхностью вращающегося барабана на некоторую высоту, а затем, отрываясь, свободно падает под действием сил тяжести по траекториям, близким к параболическим. Измельчение рудных зерен в данных условиях происходит преимущественно ударом. Водопадный режим применяется при измельчении более крупного материала (в первой стадии).

Смешанный режим измельчения характеризуется тем, что одна часть мелющих тел участвует в свободном полете, другая часть - перекачивается внутри барабана по замкнутым траекториям, подвергая руду измельчению ударом и истиранием. Смешанный скоростной режим имеет место при мокром измельчении руд в шаровых мельницах; скорость вращения составляет 0,6-0,76 от критической.

Каскадный режим наиболее тихходный, скорость вращения барабана составляет 0,5-0,6 от критической. При измельчении в каскадном режиме свободный полет мелющих тел исключен. При установившемся каскадном режиме мелющие тела непрерывно циркулируют внутри барабана, поднимаясь по круговым траекториям на некоторую высоту, затем скатываясь под углом, близким к углу естественного откоса. При каскадном режиме руда измельчается преимущественно путем истирания.

Производительность барабанных мельниц зависит от диаметра, рабочего объема и скорости вращения барабана, от массы и размера мелющих тел, от конструктивных особенностей мельницы, от измельчаемости руды, от крупности исходного и измельченного материала, от выхода циркулирующего продукта, от плотности пульпы в исходном питании.

Моделирование ПО. Основой разработки ПО является построение моделей производственных процессов, а также процессов сбора и обработки информации о ходе этих процессов. Общая цель моделирования подчинена цели любых естественно – научных исследований – прогнозировать результаты предстоящих экспериментов.

Создание автоматизированной системы управления технологическим процессом измельчения является одним из этапов реконструкции обогатительной фабрики. АСУ ТП процесса измельчения предназначена для выполнения следующих задач:

1. управления технологическим процессом измельчения и классификации, руды на различных стадиях;
2. непрерывного измерения, контроля и регулирования технологических параметров;
3. диагностики и контроля состояния оборудования цеха измельчения.

Концептуальная модель. Построение концептуальной (содержательной) модели конкретного объекта является первым этапом моделирования. Основным содержанием этого этапа является переход от словесного описания к его математической модели.

Процесс измельчения как управляемый объект

Как управляемый объект, замкнутый цикл измельчения характеризуется следующими параметрами (рис. 3):

1. входные:

- производительность цикла по исходной руде Q ;
- расход воды в мельницу W_m и классифицирующий аппарат $W_{кл}$;
- гранулометрический состав C_{x1} и физико-механические свойства руды u ;
- частота вращения барабана мельницы n ;
- количество мелющей среды $ц$;
- влажность $щ$;
- температура T_1 исходной руды.

2. выходные:

- объемный расход слива классифицирующего аппарата $q_{сл}$;
- плотность $дсл$;
- гранулометрический состав C_{x2} ;
- производительность цикла по готовому классу q_r ;
- мощность, потребляемая электроприводом мельницы P .

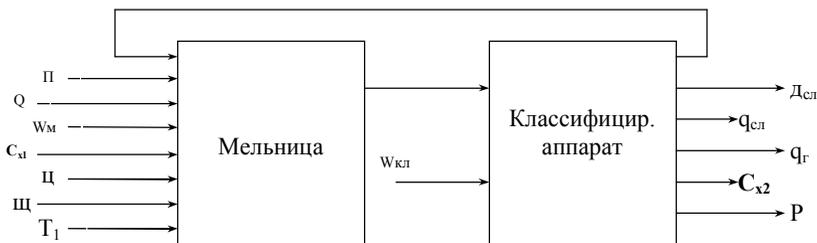


Рис. 3. Структура замкнутого цикла измельчения

Управляющими воздействиями могут служить: производительность цикла по исходной руде Q ; расход воды в мельницу W_m .

Цель моей работы создать систему управления процессом измельчения воздействием на подачу исходной руды в цикл и расхода воды в мельницу, т.е. регулировать и контролировать параметры Q и W_m , а также следить за состоянием оборудования.

Контроль загрузки барабана мельницы рудой и циркулирующая нагрузка замкнутого цикла измельчения – естественные индикаторы, отражающие ход процесса измельчения и реагирующие на изменение всех параметров цикла.

Степень загрузки мельницы рудой наиболее просто контролировать по уровню шума, производимого мелющими телами в зоне их падения. При

уменьшении уровня загрузки уровень шума возрастает, при увеличении – уменьшается.

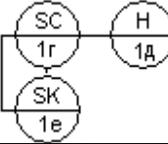
Техническая реализация контроля наиболее проста при использовании амплитуды шумового сигнала. В этом случае в состав датчика входят микрофон, выпрямительная приставка, сглаживающий фильтр и выходной делитель напряжения. Датчик устанавливается вблизи мельницы в зоне падения шаров со стороны разгрузочной цапфы. Звуковые колебания воспринимаются микрофоном, преобразующим звуковые колебания в э.д.с. шумового сигнала. Ток выпрямляется, сглаживается и используется в системе контроля и регулирования.

Недостаток этого метода контроля – чувствительность датчика к внешним звуковым помехам, например, от работающих рядом мельниц. Для устранения этого недостатка динамик или микрофон, воспринимающие шум мельницы, заключаются в специальный корпус с тройной звукопоглощающей решеткой на входе.

В состав системы автоматического регулирования САР I (рис. 4), реализующий этот принцип, входят следующие элементы:

Таблица 1

Состав системы автоматического регулирования САР I

1. Микрофон направленного действия	300 - 400 Гц	
2. Преобразователь частоты в унифицированный сигнал тока или напряжения (Е/Е), расположенный на местном щите		
3. Вторичный прибор Диск-250 М показывающий, записывающий, со встроенной звуковой сигнализацией (звонок громкого боя)		
4. Автоматический регулятор системы "Каскад-2" Р-17, расположенный на щите оператора		
5. Блок управления тиристорами		
6. Блок тириستоров	800 – 1200 об/мин	

Вторая задача - стабилизация расхода воды в барабан мельницы ($W_m = \text{const}$) с воздействием на положение регулирующего клапана трубопровода, подающего воду в мельницу. Этот принцип применим при условии стабилизации расхода руды в барабан мельницы,

Принцип прост в технической реализации САР II (рис. 4). В качестве датчика расхода воды 2а используют различного рода сужающие устройства. Регулятор расхода воды 2г через исполнительный механизм 2е воздействует на клапан трубопровода воды в мельницу. В состав системы автоматического регулирования САР II входят следующие элементы:

Состав системы автоматического регулирования САР II

1. Преобразователь электромагнитный измерительный расхода жидкости (ПИР-1)	0,5 - 10 м ³ /ч	
2. Преобразователь датчика ПИР-1 (преобразует естественный электрический сигнал в унифицированный токовый сигнал (E/E)), расположенный по месту		
3. Вторичный прибор Диск-250 М показывающий, записывающий, расположенный на местном щите		
4. Автоматический регулятор системы "Контур-2" РС-29, расположенный на щите оператора		
5. Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-2М, расположенный на местном щите	0 - 100 % хода вала ИМ	
6. Электрический ИМ типа МЭО-1,6/40		2е
7. Регул. клапан двухседельный Ду=50 мм		2ж

Vi – ввод информации на ЭВМ оператора

Vo – вывод информации с ЭВМ оператора

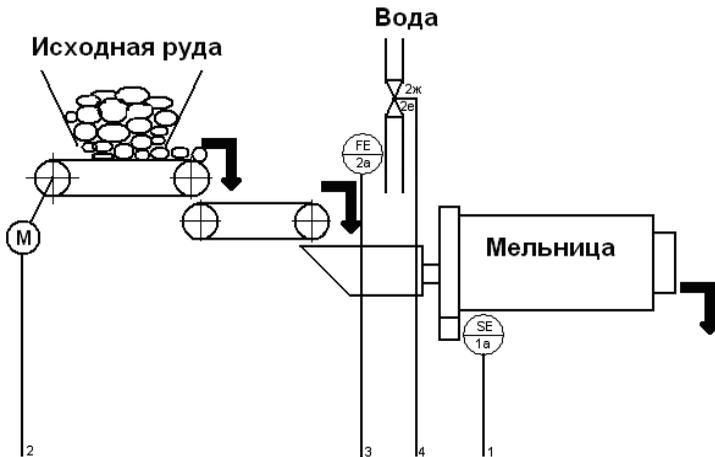


Рис. 4. Схема подачи в мельницы руды и воды

Существующая система на предприятии должна иметь два уровня системы управления, так все данные фиксируются на местном щите мастера и на ЭВМ оператора.

Первый (нижний уровень) должен осуществлять контроль результатов измерений и непосредственное цифровое управление по датчикам, исполнительным механизмам, выполнение необходимых переключений по командам верхнего уровня, автоматическим переключениям.

Второй (верхний уровень) выполняет функции отображения данных о состоянии технологического процесса, архивировании полученных данных. Кроме того, на этом уровне нужно организовать сохранение всех изменений всех параметров, которые осуществил оператор, в базу данных, справочную систему и удобный интерфейс.

В общем случае все режимы функционирования технологического процесса управления процессом измельчения можно разделить на следующие группы:

1. Режим нормальной эксплуатации;
2. Предаварийные режимы эксплуатации;
3. Аварийные режимы эксплуатации.

Допустимость тех или иных режимов работы определяется характеристиками и возможностями оборудования. В соответствии с общими принципами установка считается безопасной, если при длительной ее эксплуатации во всех режимах, включая аварийные, будет исключено серьезное повреждение потенциально опасных узлов, а также обеспечена соответствующая защита персонала установки.

Режимы нормальной эксплуатации включают в себя основные фазы производственного процесса:

- непосредственно сам технологический процесс;
- подготовку к пуску технологического комплекса (ТК);
- запуск ТК;
- останов ТК.

Предаварийные режимы работы соответствуют следующим случаям:

▪ параметры регулирования системы находятся в допустимых, но близких к критическим значениям;

К числу аварийных режимов работы ТК следует отнести:

- отключение электрического питания;
- прекращение подачи воды;
- режим работы, при появлении различного рода больших и малых течей на оборудовании и трубопроводах;
- режим работы при выходе за определенные границы различных параметров регулирования;
- при выходе из строя различных контролирующих устройств (датчиков);
- при обрыве связи с объектом.

Описание режимов должно быть представлено в виде логических правил, образующих базу знаний (БЗ).

Логические правила, описывающие возникновение аварийных ситуаций в технологическом комплексе измельчения руды:

Если прекращение подачи воды, то остановка мельницы, питателя и конвейера, перекрытие вентилей на водоподводящих трубах.

Если нарушение герметичности оборудования и трубопроводов, то остановка мельницы, питателя и конвейера, перекрытие вентилей на водоподводящих трубах.

Если прекратилась подача исходной руды, то остановка мельницы, питателя и конвейера, прекращение подачи воды.

Если вышли из строя контролирующие устройства, то остановка мельницы, питателя и конвейера, прекращение подачи воды.

Если обрыв ленты, то остановка мельницы, питателя и конвейера.

Если заклинивание ленты, то остановка мельницы, питателя и конвейера.

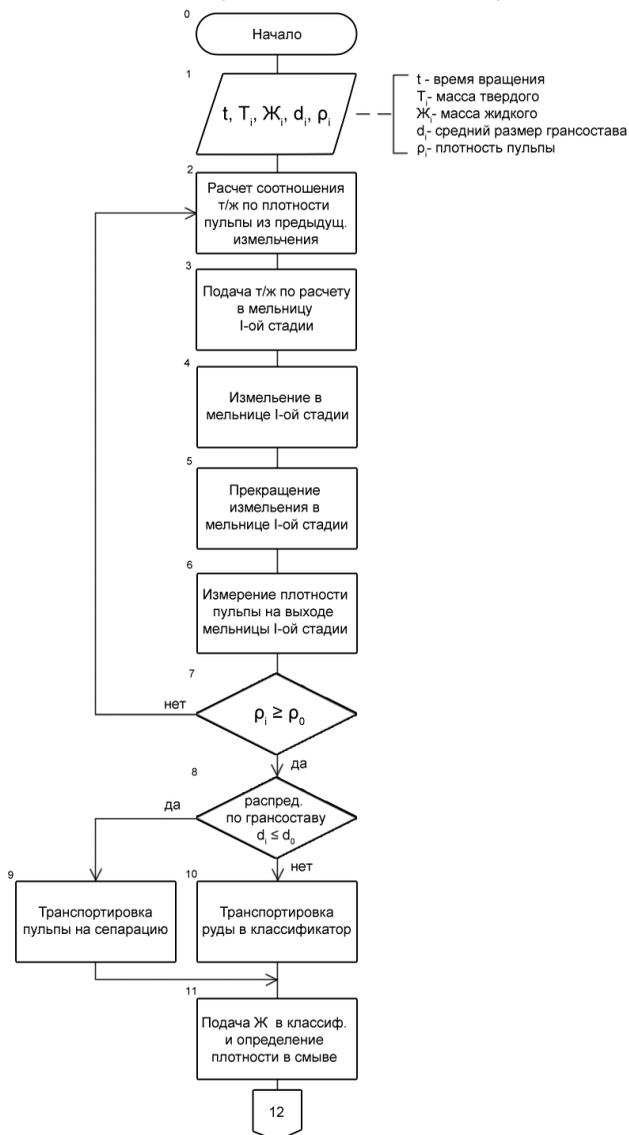


Рис. 5.1. Алгоритм программного продукта

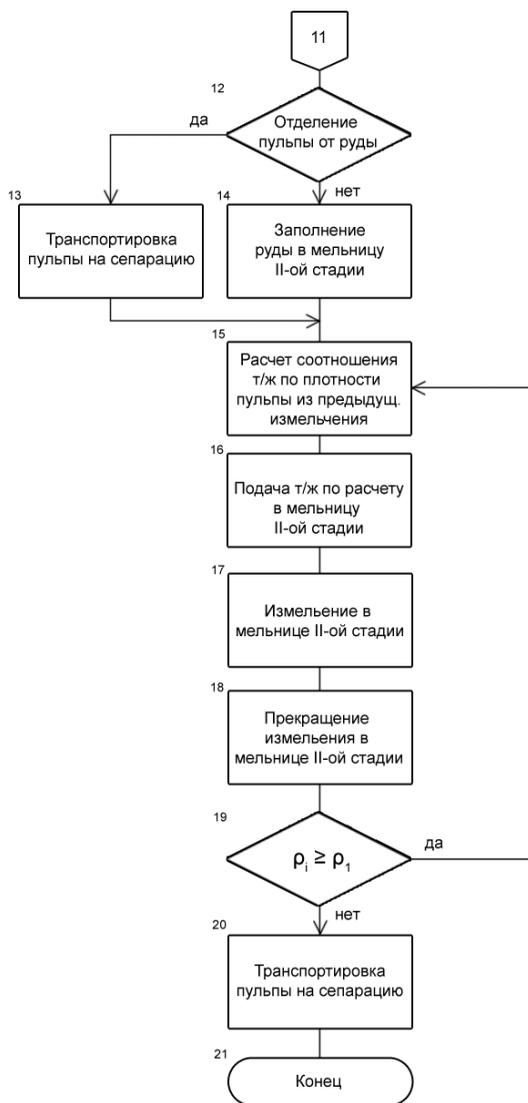


Рис. 5.2. Алгоритм программного продукта

Обеспечение нормального функционирования системы включает в себя функции, ориентированные на решение задач управления, документального обоснования (оценки и обработки данных о технологических параметрах и аварийных ситуациях), контроля, направленного на предотвращение и устранение аварийных режимов работы модуля, анализ причин отклонения.



Рис. 6. Диаграмма функциональной системы

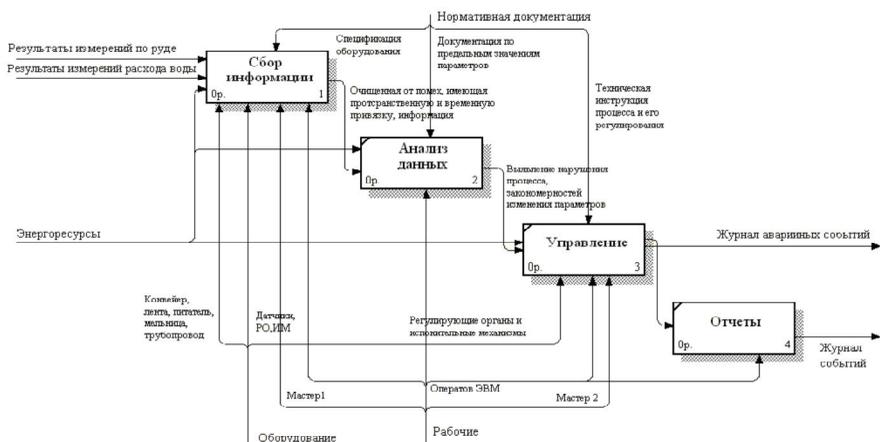


Рис. 7. Мониторинг процесса измельчения

Список литературы

1. **Арестова А.В., Ефремов В.Н.** Теоретические основы автоматизированного управления. Автоматизация обогатительных фабрик. Уральский государственный горный университет. Екатеринбург. 2005.
2. Автоматизация технологических процессов на горнорудных предприятиях / под редакцией В.С. Виноградова. –М.: Недра. 1984.
3. **Троп А.А., Козин В.З., Прокофьев Е.В.** Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик. –М.: Недра. 1986.
4. **Пивняк Г.Г., Вайсберг Л.А., Кириченко В.И., Пилов П.И., Кириченко В.В.** Измельчение. Энергетика и технология: Учебное пособие для вузов.