

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО–ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

На правах рукописи

УДК 666.942 _____

**УСМАНОВ СПАРТАК БАХРАМОВИЧ
МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОМОЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ С УСТАНОВКОЙ
ЦЕМЕНТНОЙ МЕЛЬНИЦЫ ЗАКРЫТОГО ТИПА
НА АО «БЕКАБАДЦЕМЕНТ»
ДИ С С Е Р Т А Ц И Я**

**на соискание академической степени магистра специальности
5А320305 «Машины и аппараты предприятий химической
промышленности и строительных материалов»**

научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент

МухамедбаеваЗ.А.

Ташкент-2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА I. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	9
1.1.Совершенствование конструкций мельниц замкнутого цикла тонкого измельчения портландцементного клинкера.....	9
1.2..Интенсификация процесса измельчения клинкера с применением модификаторов помола.....	25
Выводы.....	29
ГЛАВА II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	30
2.1.Методы проведения исследований и измельчение порошкообразных материалов характеристика исходных материалов	30
2.2Характеристика исходных материалов	34
Выводы.....	42
ГЛАВА III. АКТИВАЦИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА.....	43
3.1.Основные схемы помола, используемые в производстве портландцемента.....	43
3.2. Расчёт отделения помола портландцемента на Янгиюльской помольной станции.....	51
3.3. Расчет аспирационных режимов работы цементных мельниц...	59
Выводы.....	70
ГЛАВА IV.. Процессы, протекающие при интенсификации процесса помола портландцемента в трубных мельницах, работающих по замкнутому циклу.....	71
4.1.. Влияние интенсификаторов помола на свойства портландцементов.....	71
4.2. Технологическая схема помола портландцементного клинкера	

по замкнутому способу производства.....	78
Выводы.....	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	82
Список использованных источников	83
Список опубликованных работ	90
Приложения.....	91

ВВЕДЕНИЕ

Цементная промышленность является одной из важнейших отраслей народного хозяйства страны, определяющей развитие капитального строительства. Современная строительная индустрия предъявляет высокие требования к качеству строительных материалов. В Республике Узбекистан за последние 5-6 лет объем производства цемента возрос в 1,8 раза, экспорт более 10 раз. Особое внимание уделяется качеству, производимой продукции [1].

Правительством Республики уделяется особое внимание развитию производства строительных материалов, удовлетворению потребностей и насыщению потребительского рынка современными строительными материалами, принята программа развития промышленности строительных материалов на 2010-2016 гг., программа модернизации, технического перевооружения предприятий промышленности строительных материалов на период с 2007 по 2011 год [2].

Цементная отрасль Республики Узбекистан является одной из передовых звеньев отечественной промышленности строительных материалов, предприятия которой значительно активизировали свою работу за последние годы.

Оно обусловлено динамично возрастающим спросом, развитием рынка строительных материалов, государственной поддержкой. Правительством республики принят ряд долгосрочных программа по Национальной подготовке кадров, жилищному строительству, строительству дорог, мостов, объектов производства. По всей стране развернулось масштабное строительство новых и реконструкция существующих промышленных объектов, жилых домов, школ, медицинских учреждений, объектов социально-бытового назначения, дорог, мостов.

С ростом доходов населения широкое развитие получило индивидуальное строительство, предъявляя повышенный спрос к строительным материалам.

В целях удовлетворения потребности и насыщения потребительского рынка Правительством республики уделяется особое внимание развитию производства строительных материалов. Принята Программа мер по сокращению энергоемкости, внедрению энергосберегающих технологий в отраслях экономики и социальной сфере на 2015-2019 годы, где предусмотрен постепенный переход производства цемента на сухой способ [3].

Развитие промышленности строительных материалов определяется инвестиционной активностью в экономике, темпами роста строительно-монтажных работ, темпами модернизации и реконструкции промышленных предприятий и производств, изменением структуры капитальных вложений.

Благодаря принятым мерам по модернизации, реконструкции существующих технологий, рационального распределения финансовых средств, объем производства цемента по годам непрерывно возрастал, достигнув 100%-ной загрузки мощности начиная с 2008 года. Объем производства цемента за последние 10 лет увеличился в 1,8 раз.

За 2005-2014 годы среднегодовые темпы роста инвестиций в сопоставимых ценах в экономику, в промышленность, развития СМР составили 113,2%, темпы роста инвестиций в промышленность строительных материалов составили 149,2%.

За 10 месяцев т.г. произведено 6,62 млн. тонн цемента (107,2% и соответствующему периоду прошлого года). Ожидается экспорт 1336,8 тыс. тн (в 2014 году экспорт продукции составил 60,2 млн. долл).

Актуальность работы. Согласно данным Государственной статистики, объем произведенного цемента увеличился в 1,8 раза и приблизительно приблизился к отметке в 7 млн.т.. Расход электроэнергии на помол цемента составляет в среднем 10-15 кВтч./т. Усовершенствование аспирационных

систем трубных мельниц по замкнутому циклу работы и проведение комплексного изучения механизмов и эффективности влияния интенсификаторов помола на процесс измельчения. и физико-механические свойства цемента в зависимости от минералогического состава клинкера, обуславливает ее актуальность

Цементные заводы нового поколения - это заводы, работающие по сухому способу производства цемента с применением перспективных технологических инноваций.

Одна из наиболее значимых технологий, применяемых на новых заводах по производству вяжущих материалов - повышение производительности мельниц, снижение энергоёмкости помола, повышение срока службы оснастки и стабилизация аэродинамического режима мельницы. Модернизация мельницы представляет собой замену аспирационных систем междукамерных регулирующих диафрагм. Междукамерные регулируемые перегородки регулируют количество материала внутри секторов перегородки, причем большое центральное сито совместно с решетками со стороны 2 камеры предотвращают образованию мертвой зоны за перегородкой. Всё это даёт повысить производительность мельниц на 15-20% и энергопотребление снизить на 10-20 %.

Цель диссертационной работы - оптимизация параметров аспирационной системы цементных мельниц и проведение комплексного изучения механизмов и эффективности влияния интенсификаторов на процесс измельчения клинкера и физико-механические свойства цемента.

Научная новизна. Повышение эффективности процесса измельчения клинкера при производстве цемента, углубление размолоспособной подготовки материала при его прохождении по внутримельничному пространству. Установление зависимости степени измельчения клинкерной смеси от конструкции аспирационных систем и междукамерных перегородок. Выявлены закономерности влияния интенсификаторов на кинетику процесса помола клинкера различного минералогического состава, процессы

гидратации и структурообразование цементов. Выявлено, что введение интенсификатора в количестве 0,06% в клинкерную смесь, понижает расход электроэнергии на 10-15 % и повышает качество цемента.

Задачи исследования. В рамках поставленной цели были решены следующие задачи:

-проведен обзор информации научно-технической литературы в области развития мельничных систем помола клинкера;

-изучены методы оптимизации процесса помола клинкерной смеси в шаровых по замкнутому циклу производства

-проведен расчет мельницы, работающей по замкнутому способу производства подобраны рассчитаны газоочистительные и сепарационные устройства;

исследовано влияние интенсификаторов помола на цементы различного минералогического состава и изучена роль интенсификаторов помола на физико-механические свойства цемента.

- выявлены параметры аспирационных устройств мельницы, и определена степень измельчения материала в зоне помола;

Практическая ценность. В республике функционирует 8 цементных заводов суммарной мощностью 8641,0 тыс.тн, в том числе АО «Кызылкумцемент» (г.Навои, 3080 тыс.тн), АО «Ахангаранцемент» (г.Ахангаран, 1736 тыс.тн), АО «Кувасайцемент» (г.Кувасай, 1001 тыс. тн), АО «Бекабадцемент» (г.Бекабад, 1714 тыс.тн), «Джизакский цементный завод» (Джизакская обл, 740 тыс.тн.), ООО Ферганацемент» (г.Кувасай, 150тыс.тн.), СП ООО «SingLida» (г.Андижан, 200 тыс.тн.) и ООО «Кезар» (г.Андижан, 20,0 тыс.тн.).

АК «Узстройматериалы» принимают меры по созданию новых мощностей за счёт модернизации технологических линий на действующих заводах АО «Кызылкумцемент», АО «Бекабадцемент», АО «Кувасайцемент» и строительства новых цементных заводов в ряде регионов республики - в

Республике Каракалпакстан, Джизакской, Кашкадарьинской, Сурхандарьинской и Ташкентских областей общей мощностью более 6 млн.тн. в год.

Созданы благоприятные условия для ввода нового технологического оборудования, запасных частей, комплектующих в виде существенных налоговых льгот (освобождение от таможенных пошлин) действующим и вновь создаваемым цементным предприятиям, включенным в государственную программу.

Введенные в эксплуатацию новые и строящиеся заводы предусматривают сухой способ производства. В настоящее время доля цемента произведенного сухим способом в республике составляет более 63%.

Геополитическое расположение республики, наличие достаточной сырьевой базы, транспортной инфраструктуры, уровень развития промышленности строительных материалов, благоприятный инвестиционный климат являются привлекательными для вложения инвестиций в строительство новых цементных заводов.

Структура диссертации. Диссертация изложена на 95 страницах. Состоит из введения, четырёх глав, выводов, списков опубликованных материалов по теме диссертации, использованной литературы и приложений. В диссертации приведены 21 рисунков и 10 таблиц.

Список опубликованных работ. По теме магистерской диссертации опубликовано 4 научные статьи.

ГЛАВА I. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Совершенствование конструкций мельниц замкнутого цикла тонкого измельчения портландцементного клинкера

Тонкий помол материалов инертных и вяжущих ведет к существенному улучшению качества новообразованных поверхностей, увеличению показателей удельной поверхности, разрушению структурно нестабильных и ослабленных частиц. Методика активации -тонкого измельчения хорошо зарекомендовала себя в практике обработки лежалого и низкомарочного цемента с целью повышения полезных свойств и восстановления. Без широкого использования оборудования для измельчения немислимо современное производство теплоэффективных строительных материалов, например, ячеистого бетона автоклавного твердения. В нашей же стране помольное оборудование используется далеко не в полной мере. Тогда как перед отечественными предприятиями, в первую очередь строительной отрасли, как никогда остро стоят проблемы технического перевооружения, расширения ассортимента выпускаемой продукции и увеличения объемов производства при повышении качества изделий. Особый интерес представляют агрегаты, обеспечивающие тонкий помол цемента и активацию инертных составляющих бетонной смеси. Такие установки позволяют кардинально улучшить основные физико-механические характеристики выпускаемой продукции и значительно снизить расход цемента на производстве. Оборудование для тонкого помола материалов должно удовлетворять следующим требованиям: быть экономичным; надежным, долговечным обеспечивать гарантируемые сроки и ресурсы работы; выполняться с учетом условий конкретных предприятий и существующих технологий.

Исторически является промышленным стандартом, эксплуатировалась в открытом цикле, пока СРВ в 1939 не вывел на рынок 1-й сепаратор HEYD для помола в замкнутом цикле. Улучшения на протяжении многих лет привели к созданию высоконадежных и гибких установок, с простым и

недорогим техобслуживанием. Запчасти с относительно коротким сроком доставки и низкими складскими расходами. Хорошее качество цемента, что может дать преимущество по сравнению с цементом из вертикальных мельниц на некоторых рынках; более высокое энергопотребление по сравнению с вертикальными мельницами и роллер-прессами. Получила признание в 80-х, особенно на Дальнем Востоке, как способ увеличения производительности для удовлетворения растущего спроса на цемент. Увеличение мощности до 30% (открытый цикл) и до 50% (гибрид), но энергосбережение будет минимальным или даже отрицательным из-за снижения надежности роллер-пресса. Шаровые мельницы с роллер-прессом для предварительного и комбинированного помола широко распространены в Китае. Комбинированный помол обеспечивает более хорошую оптимизацию, включающий возможность использования 1-камерной мельницы при надежном роллер-прессе. Производительность может быть удвоена и энергопотребление снижено на 10 - 20%. Тем не менее, сложность в эксплуатации, надежность роллер-пресса, общая доступности установки часто не позволяют использовать 1-камерные мельницы и обеспечивают минимальное или вообще нулевое энергосбережение. Встречаются в качестве предварительного помола, приобрели также популярность как автономные линии помола цемента в последнее десятилетие по причине более низкого энергопотребления и высокой производительности.

Сравнение удельного энергопотребления

Базис: 3200 г/см ² ОРС		Шаровая мельница	ШМ + РП (комбинированный помол)	Вертикальная мельница
Мельница		Ø4,6x14,25 м	Ø4,0x8,75 м +РП 16/10	Тип 46
Потребляемая мощность	[кВт]	4,350	3,400	2,900
Производительность	[т/ч]	150	150	150
Удельная потребляемая	[кВт-ч/т]	29,0	22,7	19,3

мощность мельницы				
Удельная потребляемая мощность в сравн. с ШМ	[%]	100	78	67
Прочее оборудование	[кВт-ч/т]	5,0	8,0	11,6
Всего по установке	[кВт-ч/т]	34,0	30,7	30,9
Общая мощность в сравнении с ШМ	[%]	100	90	91

Какой бы ни был тип мельницы, помол по своей природе – неэффективен. 20% потребленной энергии конвертируется в помол: основная часть теряется в виде тепла, шума, износа оборудования от трения и вибрации;

Для повышения интенсивности измельчения материалов применяют среднеходные мельницы, имеющие скорость движения рабочих органов до 4 м/с. Данные мельницы характеризуются повышенной скоростью приложения нагрузок и частотой взаимодействия импульсов сил. Среднеходные мельницы в основном применяют для помола материалов слабых и средней прочности, например комовой извести, гипса, сухой глины, графита, каолина, угля. Материал в этих мельницах измельчается шарами или роликами и размольным кольцом или тарелкой почти по принципу раздавливания.

В промышленности строительных материалов быстроходные мельницы применяют в основном для помола таких материалов, как глина, гипс, мягкие каменные угли, комовая известь и т.п. В этих мельницах можно также вести помол влажных материалов с одновременной их подсушкой. В гипсовой промышленности эти мельницы используются для одновременного помола, сушки и обжига гипса. Материал в этих мельницах измельчается вследствие удара молотков о материал, а также материала о броню. Для помола цемента, извести и гипса, а также стекла, огнеупорных и других изделий применяют

трубные мельницы. Они являются самыми широко используемыми мельницами. Конструкция их и принцип действия зависят от назначения и физико-механических свойств размалываемого материала. Трубные мельницы используют для помола как однородных материалов, так и материалов с различными корректирующими добавками. Тонкое измельчение является одним из наиболее энергоемких процессов в производстве цемента (около 60% всей расходуемой на производство цемента электроэнергии) и сопровождается снижением производительности мельниц, увеличением удельного расхода электроэнергии, повышением температуры в мельнице. Поэтому использование современных схем помола, способствующих интенсификации процессов измельчения, является актуальным и может привести к экономии энергетических затрат

Барабанные мельницы классифицируются по режиму работы – периодического и непрерывного действия; по способу помола – сухого и мокрого помола; по характеру работы – мельницы, работающие по открытому и замкнутому циклу; по форме мелющих тел – шаровые, стержневые и самоизмельчения; по способу разгрузки – с механической и пневматической разгрузкой; по конструкции загрузочного и разгрузочного устройства – с загрузкой и выгрузкой через люк, с загрузкой и выгрузкой через полые цапфы, с периферийной разгрузкой; по конструкции привода – с центральным и периферийным приводом. Барабанные мельницы сравнительно просты по конструкции и удобны в эксплуатации. В промышленности строительных материалов преимущественное применение имеют мельницы непрерывного действия, сухого и мокрого помола, работающие в открытом и закрытом цикле. В мельницах, работающих по мокрому способу, материал выходит из них несколько недоизмельченным и разделяется в сепараторах или гидроклассификаторах на готовый продукт и крупную фракцию, которая повторно измельчается в мельнице. При такой схеме работы эффективность помола и производительность повышается вследствие непрерывного удаления из мельницы мелкой фракции материала

.Для помола цемента, извести и гипса, а также стекла, огнеупорных и других изделий применяют трубные мельницы. Они являются самыми широко используемыми мельницами. Конструкция их и принцип действия зависят от назначения и физико-механических свойств размалываемого материала. Трубные мельницы используют для помола как однородных материалов, так в материалов с различными корректирующими добавками [4].

Мельница с производительностью 1 млн.т./год была пущена в эксплуатацию фирмой Heidelberg Cement в портовом городе. С пуском мельницы мощности предприятия по производству цемента в Гане вырастут до 3,5 млн.т./г. Тем самым фирма продолжает свою стратегию проникновения в африканские страны к югу от Сахары [5].

В работе [6] рассмотрены вопросы аспирации шаровых цементных мельниц замкнутого цикла и ее влияние на кинетику измельчения материала в них. Предложена расчетная модель прогнозирования дисперсного состава порошков по длине барабана мельницы в зависимости от аспирационного режима.

В работах авторов [6,7,8] сообщается , что на цементном заводе broseni – Латвия в 2009 году были установлены 2 вертикальные валковые мельницы Lioeche KM46 производительностью 280 т/ч для помола сырья и LM53 производительностью 208 т/ч для помола клинкера. Помольные установки смонтированы на открытом воздухе. Рассмотрен опыт их эксплуатации. Показано, что несмотря на климатические условия Латвии, проблем при эксплуатации помольных установок не было.

Авторами [9-,13,] сопоставлена энерготехнологическая эффективность различных технологических систем измельчения с трубными, барабанно-валковыми, валковыми мельницами, пресс-валковыми измельчителями, центробежно-ударными дробилками, сепараторами O-Sera и каскадно-гравитационными сепараторами. Приведена краткая характеристика различных систем измельчения, рассмотрены перспективные направления развития систем измельчения.

Как отмечено в статьях авторов [14-21] размалываемость цементного клинкера характеризуется затратой энергии, необходимой для измельчения определенного количества клинкера от исходных до заданных размеров частиц. Для определения размалываемости используют методики, основанные на применении различных типов мельниц. Стандартной является методика определения размалываемости по Цейселю. В соответствии с этой методикой 30 г клинкера с размером частиц от 0,75 до 1 мм измельчают с усилием 25 кгс в течение определенного времени в лабораторной шаровой мельнице с 8 шарами диаметром 25,4 мм. Отмечается, что невозможно полностью охарактеризовать размалываемость клинкера его минералогическим составом. Для полной характеристики процесса измельчения необходимо сопоставить геометрию отдельных клинкерных фаз и их взаимодействие. Недостатком применяемой в настоящее время технологии охлаждения-измельчения клинкера в производстве цемента как отмечают авторы статьи [22] является ее низкий тепловой КПД. Его повышение является задачей изобретения. Принципиально она решена благодаря тому, что клинкер из трубчатой печи выгружается в короткий холодильник, куда вентилятором нагнетается охлаждающий воздух; на выходе его температура составляет 1000-1200°C и он подается в печь; охлажденный до температуры ниже 900°C клинкер через бункер и шлюзовой затвор подается в горизонтальную трубу, в которую с торца насосом нагнетается вода под давлением не выше 200 бар; при ее смешении с клинкером образуется перегретый пар с давлением около 10 бар, который используется для транспортировки клинкера в реактор кипящего слоя; здесь клинкер ударяется об отражательную плиту и дополнительно измельчается; пар транспортирует его в фильтр, после которого отводится для дальнейшего использования.

В работах авторов [23-25] цементные мельницы часто снабжают сепараторами. Только с помощью сепаратора можно обеспечить получение цемента с удельной поверхностью до 4500 см²/г по Блейну. Ввиду

постоянно возрастающей потребности в цементе с удельной поверхностью свыше $5500 \text{ см}^2/\text{г}$ существующие помольные установки нуждаются в модифицировании, чтобы оптимально использовать существующее оборудование. Фирма PMT-Gesteinsvermahlungs technik GmbH (г. Грац, Австрия) предлагает переоборудовать центробежный воздушный сепаратор двухкамерной цементной мельницы с установкой в нем вращающегося ротора CLASSICLON. Такое переоборудование обеспечило достижение эффекта использования нового оборудования при экономии до 80% средств, так как используются все элементы центробежного воздушного сепаратора-вентилятор, коллектор для сбора готовой продукции, транспортное и пылеосадительное оборудование. Кроме того, такая модификация обеспечивает энергосбережение до 70% на приводе сепаратора

Приведены результаты исследований параметров работы установок для помола цементного клинкера, состоящих из шаровой мельницы с различными видами сепараторов, позволяющих получать готовый продукт как с широким, так и с узким интервалом распределения частиц по размерам [25].

В работах авторов [26-28] сообщается о разработанной математической модели работающей в замкнутом цикле системы для помола цементного клинкера, состоящей из двухкамерной шаровой мельницы и динамических и статических сепараторов. Экспериментальные исследования материального баланса показали, что модель позволяет достаточно хорошо прогнозировать параметры работы системы. Модель, в частности, показывает, что уменьшение величины мелющих шаров во второй камере мельницы может заметно увеличить пропускную емкость кругооборота размалываемого материала, а отказ от использования статических сепараторов позволяет увеличить производительность системы при одной и той же тонкости помола на ЭКВИВ4,5%Приведены результаты исследований параметров работы установок для помола цементного клинкера, состоящих из шаровой мельницы с различными видами сепараторов, позволяющих получать

готовый продукт как с широким, так и с узким интервалом распределения частиц по размерам.

Изобретение [29] относится к оборудованию для тонкого измельчения, в частности к шаровым мельницам, работающим в замкнутом цикле, и может быть использовано в промышленности строительных материалов, горной, химической и др.

Шаровая мельница включает загрузочное устройство и разгрузочное устройство с выходной решеткой, жестко и соосно соединенные с цилиндрическим корпусом, изнутри футерованным жестко закрепленными на нем износостойкими элементами. Междукламерную перегородку, делящую внутреннее пространство мельницы на камеры грубого и тонкого измельчения и жестко закрепленную на корпусе. Внутри цилиндрического корпуса и разгрузочного устройства коаксиально расположено устройство для возврата крупки в камеру тонкого измельчения, проходящее через центральное отверстие выходной решетки и закрепленное с возможностью изменения расстояния между его торцом, расположенным в камере тонкого измельчения, и междукламерной перегородкой, при этом второй торец устройства выходит за пределы разгрузочного устройства. Технический результат состоит в повышении качества готового продукта и эффективности процесса измельчения материала, снижении энергетических затрат.

Предлагаемое изобретение направлено на повышение качества готового продукта и эффективности процесса измельчения материала в шаровых мельницах замкнутого цикла за счет увеличения их производительности и снижении энергетических затрат, что достигается подачей крупки, выделенной в сепараторе, в строго определенное место в камере тонкого измельчения, а также на существенное упрощение конструкции мельницы. Это достигается тем, в шаровой мельнице, включающей загрузочное устройство и разгрузочное устройство с выходной решеткой, жестко и соосно соединенные с цилиндрическим корпусом, изнутри футерованным

жестко закрепленными на нем износостойкими элементами, между камерную перегородку, делящую внутреннее пространство мельницы на камеры грубого и тонкого измельчения и жестко закрепленную на корпусе, согласно предлагаемому решению, внутри цилиндрического корпуса и разгрузочного устройства коаксиально расположено устройство для возврата крупки в камеру тонкого измельчения. Это устройство проходит через центральное отверстие выходной решетки и закреплено с возможностью изменения расстояния между его торцом, расположенным в камере тонкого измельчения и междукамерной перегородкой, при этом второй торец устройства выходит за пределы разгрузочного устройства.

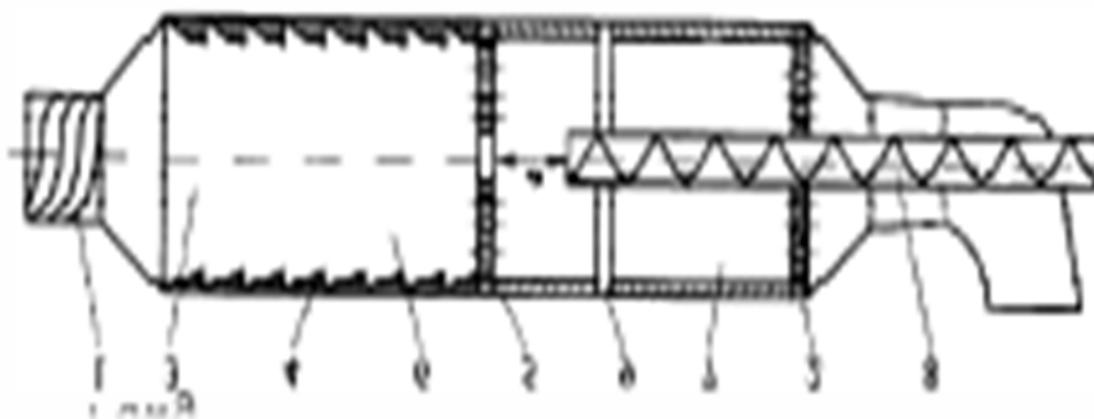


Рис. 1.1.1. Шаровая мельница

Шаровая мельница состоит из загрузочного устройства 1, выполненного в виде трубошнека, разгрузочного устройства, выполненного в виде трубошнека с выходной решеткой 2, соединенных неподвижно и соосно, например, на болтах с цилиндрическим корпусом 3, изнутри футерованным износостойкими элементами 4, междукамерной перегородки 5, делящей внутреннее пространство мельницы на камеры грубого 6 и тонкого 7 измельчения и жестко, например, на болтах закрепленной на корпусе. Мельница содержит устройство для возврата крупки 8, расположенное коаксиально внутри цилиндрического корпуса и разгрузочного устройства и проходящее через центральное отверстие разгрузочной решетки 2.

Устройство для возврата крупки может быть выполнено различным образом, например, в виде трубошнека, вращающегося вместе с барабаном мельницы и имеющим направление витков в противоположную вращению сторону, или шнека, корпус которого вращается вместе с барабаном мельницы, а сам шнек подает крупку в камеру тонкого измельчения и т.п. В предлагаемом решении устройство для возврата крупки выполнено в виде трубошнека, вращающегося вместе с барабаном мельницы и имеющим направление витков в противоположную вращению сторону. Для поддержания свободно висящего конца устройства в корпусе мельницы используются тяги 9. Это соединение осуществляется съемно-разъемно при помощи болтовых соединений. Устройство для возврата крупки 8 входит в камеру тонкой разгрузки материала. С целью регулирования качества выходящего продукта на расстояние между междукамерной перегородкой и торцом устройства а регулируется. Для этого устройство для возврата крупки, например, находится на подвижной тележке и перемещается по мере необходимости в осевом направлении. Расстояние между междукамерной перегородкой и торцом устройства регулируется от 0мм до размера, определяемого необходимой дисперсностью к конечному продукту. Например, при больших циркуляционных нагрузках и незначительном содержании в исходном продукте класса - 30 мкм целесообразно, чтобы параметр был минимален. В случае необходимости повышения дисперсных характеристик продукта размер должен быть увеличен пропорционально содержанию класса - 30 мкм. В торце загрузочного устройства 1 предусмотрено уплотнительное устройство, предотвращающее попадание пыли в окружающую среду при подаче крупки в камеру тонкого измельчения мельницы. Второй торец устройства для возврата крупки 8 выходит за пределы разгрузочного устройства. Мельница работает следующим образом. Футерованный цилиндрический корпус 3 мельницы, жестко соединенный с загрузочным 1 и разгрузочным устройством с решеткой 2, приводится во вращение приводом. Материал, предназначенный

для помола, например цементный клинкер, через загрузочное устройство подается в футерованный цилиндрический корпус 3, камеры которого загружены различными по размерам мелющими телами-шарами и подвергается измельчению. Внутреннее пространство мельницы разделено между камерной перегородкой 5 с отверстиями, отделяющими камеру грубого измельчения с крупными шарами от камеры тонкого измельчения, заполненную мелкими шарами. Измельченный продукт проходит через решетку 2 с разгрузочным устройством и любым из известных способов, например, воздушным потоком направляется в сепаратор, который разделяет продукт по дисперсности на готовый и грубый продукты. Из сепаратора крупка, например, самотеком по наклонному лотку подается в приемный бункер и через любое загрузочное устройство подается в торец устройства 8, выходящий за пределы разгрузочного устройства, и направляется на домол в мельницу. Многолетний опыт эксплуатации систем замкнутого цикла измельчения на основе шаровых мельниц показал, что размер частиц крупки всегда меньше 1 мм. Частицы такого размера целесообразно измельчать только в камере тонкого измельчения. Направление частиц такого размера в камеру тонкого измельчения, минуя камеру грубого измельчения, позволяет существенно снизить количество холостых ударов крупных шаров в камере грубого измельчения. Это может быть достигнуто тем, что крупка подается в камеру тонкого измельчения устройством для возврата крупки 8, введенным в мельницу со стороны разгрузки закрепленного на корпусе мельницы с возможностью осевого перемещения, например съемно-разъемно. Попав в камеру тонкого измельчения крупка измельчается совместно с материалом прошедшим через междукамерную перегородку 5 из камеры грубого измельчения 6. При повышении требований к дисперсности конечного продукта параметра необходимо увеличивать. Для этого болтовые соединения устройства для возврата крупки 8 с тягами 9 разъединяются, устройство для возврата крупки, находящееся на подвижной тележке, перемещается в осевом направлении, тем самым обеспечивая необходимое

расстояние a между торцом устройства для возврата крупки и междукамерной перегородкой 5. Затем болтовыми соединениями осуществляется закрепление устройства для возврата крупки к тягам 9. Измельченный до требуемого размера материал через разгрузочную решетку 2 и разгрузочное устройство выводится из мельницы и направляется в сепаратор, и далее цикл повторяется. В рассмотренном прототипе устройство для возврата крупки было громоздкой и металлоемкой конструкцией, расположенной вокруг средней части мельницы. Таким образом, предлагаемая конструкция шаровой мельницы позволяет повысить качество готового продукта и эффективность процесса измельчения материала в шаровых мельницах замкнутого цикла, оптимизировать работу мелющей среды на всех стадиях измельчения материала за счет подачи крупки в конкретное место камеры тонкого измельчения и избирательного измельчения материала при существенном упрощении конструкции мельницы.

Способ тонкого измельчения материала, преимущественно цементного клинкера, в шаровой барабанной мельнице может быть использован при производстве строительных материалов в строительной, химической, металлургической и др. отраслях промышленности.

Задачей, стоящей перед изобретением [30] является повышение эффективности процесса измельчения материала, упрощение способа и сокращение времени цикла измельчения. Поставленная задача решается следующим образом. Материал, подлежащий измельчению, загружают в камеру грубого измельчения барабанной шаровой мельницы, разделенной междукамерной перегородкой на камеру грубого измельчения и камеру тонкого измельчения. Каждая из камер предварительного загрузки боромелющих тел занята на 20-30%. Одновременно с материалом, подлежащим к измельчению, в камеру грубого измельчения мельницы загружают дополнительные мелющие тела, размер которых меньше, чем размер отверстий в междукамерной перегородке и выходной решетке

мельницы. Для обеспечения оптимальной интенсивности процесса измельчения масса дополнительных мелющих тел составляет 30-35% от массы набора мелющих тел, а масса измельчаемого материала составляет 14-18% от суммарной массы мелющих тел. Сущность изобретения заключается в том, что под действием подпора измельчаемый материал вместе с дополнительными мелющими телами продвигается из камеры грубого измельчения в направлении к междукамерной перегородке, пройдя через отверстия в междукамерной перегородке, измельчаемый материал вместе с мелющими телами поступает во вторую камеру, где подвергается тонкому измельчению. Использование при измельчении материала дополнительных мелющих тел совместно с набором мелющих тел положительно отражается на гранулометрическом составе готового продукта. Увеличение массы дополнительных мелющих тел приводит к увеличению в готовом продукте количества фракции 5ч30 мкм на 10-15%. Установлено, что фракция 5ч30мкм характеризует прочность в поздние сроки твердения, тогда как фракция менее 5 мкм Следовательно, размер мелющих тел значительно влияет на эффективность процесса измельчения материала в шаровой барабанной мельнице. опыты показали, что эффективность процесса измельчения в шаровой барабанной мельнице выше, если она работает на смеси шаров различного диаметра. При этом удельный расход на измельчение материала при использовании дополнительных мелющих тел ниже, чем на измельчение материала при использовании набора мелющих тел. Это объясняется тем, что с уменьшением диаметра шара величина суммарного воздействия на частицы измельчаемого материала увеличивается, а сила единичного воздействия уменьшается. Поэтому набор мелющих тел применяют для размалывания частиц материала большей крупности. Более мелкий материал лучше измельчается дополнительными мелющими телами меньшего диаметра. В результате экспериментов было установлено, что с увеличением массы дополнительных мелющих тел наблюдается значительное увеличение удельной поверхности с

2200 до 4200 см²/г. Кроме того, эксперименты показали, что непрерывное воздействие дополнительных мелющих тел во время всего процесса измельчения на измельчаемый материал значительно интенсифицирует процесс измельчения. Для пояснения выбора массы дополнительных мелющих тел приведен график содержания в готовом продукте частиц размером от 0,22 до 600 мкм. Для пояснения реализации способа приведены графические материалы на рис. 1.1.2 схематично изображен способ тонкого измельчения материала в шаровой барабанной мельнице. На рис. 3 - график содержания в готовом продукте частиц размером от 0,22 до 600 мкм. Барабан мельницы разделен на камеру 1 грубого измельчения и камеру 2 тонкого измельчения посредством междукамерной перегородки 3, а каждая из камер загружена 20-30% набором мелющих тел. Шаровая барабанная мельница оснащена загрузочным устройством 4 с бункерами 5 и 6 для загрузки, соответственно, измельчаемого материала и дополнительных мелющих тел и разгрузочным устройством 7, оборудованным выходной решеткой 8, и загружена набором мелющих тел 9. Дополнительные мелющие тела обозначены поз.10. Поз.11 обозначен грохот для выделения мелющих тел 10 из готового продукта. Предлагаемый способ реализуется следующим образом. Подлежащий измельчению материал из бункера 5 вместе с дополнительными мелющими телами 10, размер которых меньше, чем размер отверстий «а» в междукамерной перегородке 3 и размер отверстий «б» в выходной решетке 8, из бункера 6 подают загрузочным устройством 4 в камеру 1 грубого измельчения, заполненную на 30% набором мелющих тел 9 (рис.2). Масса дополнительных мелющих тел составляет 35% от массы набора мелющих тел 9. Масса измельчаемого материала составляет 18% от суммарной массы мелющих тел в камере 1 грубого измельчения производится измельчение цемента до удельной поверхности, по Блейну, 2500-3000 см²/г. Под действием подпора измельчаемый материал вместе с дополнительными мелющими телами 10 продвигается вдоль камеры 1 грубого измельчения в направлении междукамерной перегородки 3, пройдя через отверстия «а» в

междукамерной перегородке, измельчаемый материал вместе с дополнительными мелющими телами 10 поступает в камеру 2 тонкого измельчения, которая также заполнена на 30% набором мелющих тел 9, не прекращая воздействовать на измельчаемый материал, дополнительные мелющие тела 10 перемещаются к выходной решетке 8, обеспечивая непрерывность измельчения. Измельченный таким образом материал до удельной поверхности около $6000 \text{ см}^2/\text{г}$ по Блейну вместе с дополнительными мелющими телами 10, пройдя через выходную решетку 8, так как размер дополнительных мелющих тел меньше, чем размер отверстий «б» в выходной решетке, поступает в разгрузочное устройство 7. После чего, дополнительные мелющие тела 10 выделяют из готового продукта и вновь загружают в барабан мельницы с подаваемым материалом. Оптимальная масса дополнительных мелющих тел 10 выявлена экспериментально. Результаты опытов проиллюстрированы графиком на рис.3. Использование при измельчении материала дополнительных мелющих тел 10 массой менее 30% от массы набора мелющих тел 9 эффективность процесса измельчения не повышается, т.к., например, при массе дополнительных мелющих тел 10-20% (кривая 1 на рис.1.1.3) содержание частиц, распределенных в интервале от 5 до 30 мкм, составляет 35%, удельная поверхность готового продукта - $3405 \text{ см}^2/\text{г}$, производительность мельницы - $3,696 \text{ кг/ч}$. При массе дополнительных мелющих тел, например, 35% от массы набора мелющих тел (кривая 2 на рис.3) происходит значительное увеличение содержания частиц, распределенных в интервале от 5 до 30 мкм, до 50%, удельной поверхности готового продукта - $4563 \text{ см}^2/\text{г}$ и повышение производительности до $5,684 \text{ кг/ч}$.

Описанный способ позволяет повысить эффективность процесса измельчения в шаровой барабанной мельнице путем повышения однородности фракционного состава, за счет использования мелющих тел различного размера, обеспечить непрерывность процесса измельчения,

сократить время цикла измельчения при сохранении высокого качества готового продукта.

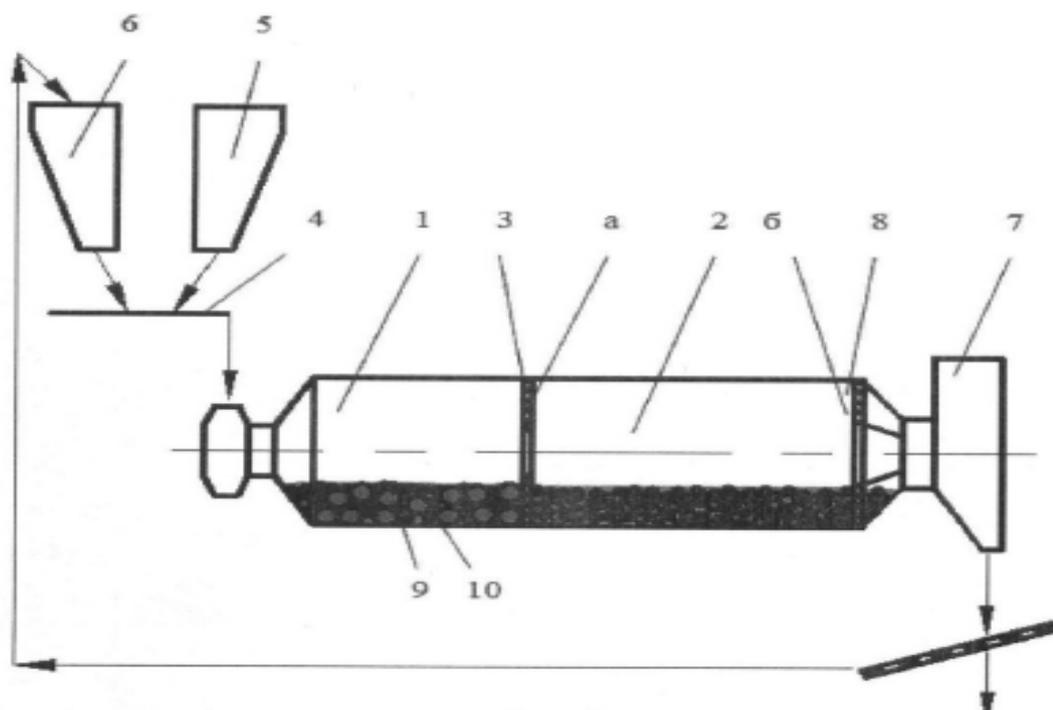


Рис. 1.1.2. Схематичное изображение способа тонкого измельчения материала в шаровой барабанной мельнице.

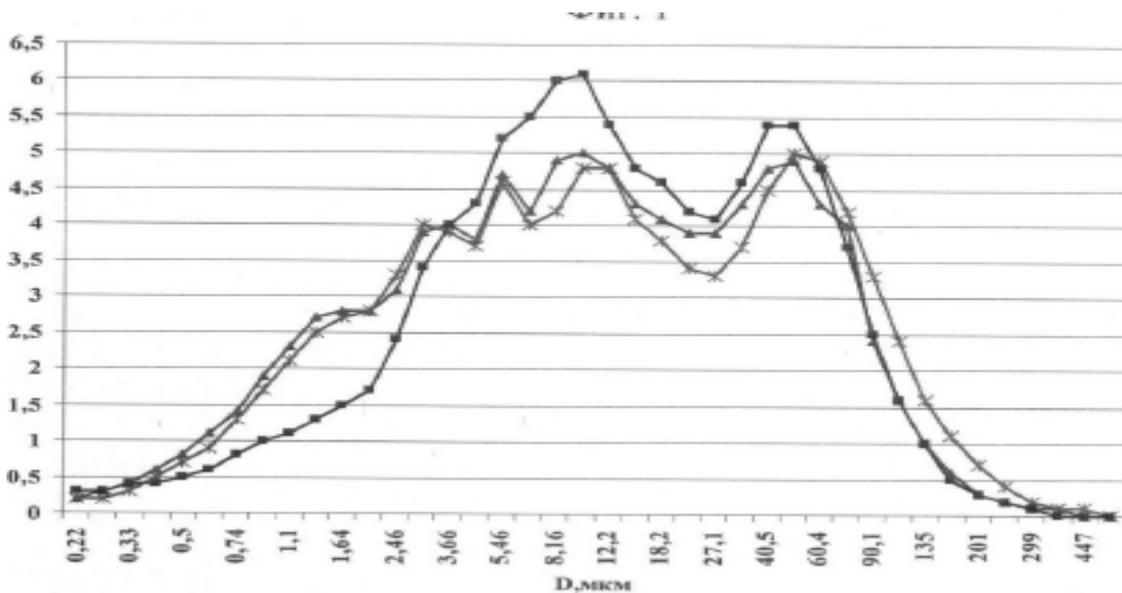


Рис. 1.1.3. График результатов опыта

1.2. Интенсификация процесса измельчения клинкера с применением модификаторов помола

На интенсификацию процесса помола клинкера в цементных мельницах влияют также такие факторы как аспирация, загрузка мелющими телами, крупностью питания, технологические схемы помола, водяное охлаждение, введение электролитов [31,32].

Значительную роль в интенсификации измельчения играют ПАВ, применение которых предотвращает агрегацию образующихся тонких частиц в процессе помола, в явлениях адсорбционного понижения прочности, а также предотвращает налипание тонких частиц на мелющие тела. Кроме того введение в мельницу ПАВ повышает подвижность материала при передвижении по мельнице. В этом случае улучшаются и свойства цемента: повышается аэрируемость, уменьшается слеживаемость, предотвращается снижение активности при хранении. Однако при этом увеличивается пыление при помоле и транспортировке и возникают затруднения при упаковке цемента в тару. Так пропиленгликоль увеличивает подвижность цемента, одновременно повышая пылевыделение. В результате ПАВ часто используют в концентрациях меньшей, чем необходимо для обеспечения максимума эффекта при помоле. Применение ПАВ позволяет повысить производительность мельницы на 15-20 %, повысить тонкость измельчения, снизить расход энергии. [33-37].

В качестве ПАВ при измельчении клинкера используют препараты на основе : а) аминов - триэтанолламин, ацетилованный этаноламинацетат ; иногда эти вещества смешивают в определенной пропорции с растворимой кальциевой солью лигносульфоновой кислоты; б) гликолей – этиленгликоля, пропиленгликоля, полигликолей. Необходимая концентрация ПАВ составляет 0,01-0,04 % для аминов, и 0,03-0,1 % для гликолей от массы цемента. ПАВ вводят непосредственно в мельницу в тонко распыленном виде. Ряд специалистов считают целесообразно подавать ПАВ в камеру

тонкого измельчения с целью предотвращения агрегации и налипания. Однако при подаче в первую камеру ПАВ и как понизитель прочности клинкера Введение ПАВ путем обрызгивания клинкера на линии дозатора или всprыскивания ПАВ в первую камеру цементной мельницы оказалось равноценным. За рубежом ПАВ выпускают в виде концентрированных растворов, разбавляемых на заводе водой [38,39]..

Применение ПАВ сказывается на оптимальном составе мелющей загрузки. При введении ПАВ в результате повышения подвижности материала для сохранения оптимального отношения масс шаров и материала уменьшают размер мелющих тел или живое сечение перегородок. При использовании ПАВ в установках замкнутого цикла, необходима специальная настройка сепаратора, так как введение ПАВ повышает эффективность сепарации, что сказывается на величине циркуляционной загрузки, которая может быть снижена. Введение ПАВ при размоле клинкера влияет и на свойства цемента. В частности оказывается с менее широким гранулометрическим составом, уменьшается содержание частиц

Цементный завод Enfidha cement plant в Тунисе для интенсификации помола цемента с добавкой известняка в замкнутом цикле раньше использовал добавку триэтаноламина [40-41] В результате сотрудничества цементного завода с разработчиком добавок в цемент – Grace Construction Products - было предложено использовать для интенсификации помола новую добавку "СВА Х". При введении в цементную шихту 0,255% такой добавки производительность системы помола цемента с 17% известняка возросла на 29% без всяких отриц. воздействий на качество цемента. Введение "СВА Х" интенсифицирует гидратацию ферритной фазы и формирование карбоалюминатов кальция и моногидратов кальция.

В работах авторов [42-47], рассматривается влияние на измельчение цемента интенсифицирующих помол добавок. Такие добавки используют как при измельчении вяжущих сложного состава в экономически развитых странах, так и при помоле цемента в развивающихся странах. При испытании

рассматриваемой добавки (RGA/K) в заводских условиях фиксировали такие технические параметры как характер воздействия добавки, время пребывания материала в мельнице, характер вентиляции мельницы и т. п. Подчеркивается, что если при оценке эффективности добавки не учитывать ее дополнительные эффекты (влияние на сроки схватывания, водопотребность цемента и т. д.) использование добавки при помоле обеспечивает положительный эффект-увеличение прочности и интенсивность нарастания прочности на ранних стадиях твердения за счет улучшения гранулометрии порошка цемента. Об эффективности добавки можно судить по результатам расчетов, учитывающих их влияние на свойства цемента.

В работе [48] с целью повышения прочности при сжатии в возрасте 1, 3, 7 и 28 суток, улучшения поровой структуры и качества поверхности предлагается вводить при измельчении цемента до 0,1% добавки на основе гидроксиламина. В качестве гидроксиламина используют N,N-бис (2-гидроксиэтил)-2-пропаноламин или N,N-бис (2-гидроксипропил)-N-(гидроксиэтил)амин, а также их смеси с триэтанололамином и триизопропиламином. Предлагается также состав смешанных вяжущих на основе портландцементного клинкера, содержащего 0,1% указанной добавки, гипса и 2-80% активных минеральных добавок. В качестве последних используют известняк, природные или искусственные пуццоланы, доменный гранулированный шлак, золу-унос Авторами [49-52], сообщается о разработке суперпластификатора нового поколения для бетона Интепласт, обеспечивающего повышение подвижности бетонной смеси до марки П5 при дозировке 0,2-0,4%. Показано, что данная добавка в дозировке 0,2-0,3% интенсифицирует также помол клинкера. Полученный пластифицированный цемент характеризовался ускоренным набором прочности. Цементные мельницы часто снабжают сепараторами. Только с помощью сепаратора можно обеспечить получение цемента с удельной поверхностью до 4500 см²/г по Блейну. Ввиду постоянно возрастающей потребности в цементе с

удельной поверхностью свыше 5500 см²/г существующие помольные установки нуждаются в модифицировании, чтобы оптимально использовать существующее оборудование. Фирма PMT-Gesteins vermahlungs technik GmbH (г. Грац, Австрия) предлагает переоборудовать центробежный воздушный сепаратор двухкамерной цементной мельницы с установкой в нем вращающегося ротора CLASSICLON. Такое переоборудование обеспечило достижение эффекта использования нового оборудования при экономии до 80% средств, так как используются все элементы центробежного воздушного сепаратора-вентилятора, коллектор для сбора готовой продукции, транспортное и пылеосадительное оборудование. Кроме того, такая модификация обеспечивает энергосбережение до 70% на приводе сепаратора.

Работами авторов [53] выполнен поиск добавок интенсификаторов помола, обеспечивающих рост прочностных показателей цементного теста. Опробованы три добавки: триэтанолламин (дозировка 0,03%), "А" (0,05%) и "S" (дозировка 0,1%). О влиянии добавок на свойства цементных порошков, физические и химические свойства цементного теста судили по результатам систематических физических и химических исследований с использованием лазерной гранулометрии, РФА и ДТА с термогравиметрией. Лучшие результаты получены при использовании добавки "А". Указанная добавка оказывает существенное влияние на помол цемента и прочность цементного теста.

Авторами [54,55] исследовано, что ввод добавки повышает подвижность, дисперсность, оптимизирует гранулометрию, сокращая долю частиц среднего диаметра и увеличения долю частиц 3-32 мкм. Прочность образцов цементных растворов в 3-28-суточном возрасте растёт, процесс гидратации цемента интенсифицируется. Ввод указанной добавки способствует снижению сопротивления истиранию, предотвращает агрегирование частиц измельчаемого материала и образование на мелющих телах и футеровке мельниц оболочки из измельчаемого материала

Выводы

Способ тонкого измельчения материала, преимущественно цементного клинкера в шаровой барабанной мельнице, барабан которой разделен междукамерной перегородкой на камеры грубого и тонкого измельчения, снабженной выходной решеткой, позволяет интенсифицировать воздействие междукамерной перегородки и мелющих тел на измельчаемый материал и выделить из измельчаемого материала фракции требуемых размеров по мере их образования. Это позволит повысить эффективность процесса измельчения материала в мельнице.

Применение интенсификаторов помола клинкеров позволяют повысить производительность мельниц и улучшить характеристики цемента при сниженных энергозатратах.

ГЛАВА II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Методы проведения исследований и характеристика исходных материалов

2.1. Методы проведения исследований и измельчения порошкообразных материалов

Ситовой анализ применяется для определения тонкости помола порошкообразных материалов при контроле производства, а также при различных исследованиях, проводимых в заводских и научно-исследовательских лабораториях. Ситами пользуются также в случае необходимости разделить материал на фракции с зернами определенной крупности. Для всех этих работ используют стандартные нормированные металлические сита с квадратными отверстиями.

Возможны различные обозначения сит: номером сетки, количеством отверстий ячеек на 1 см^2 сетки, количеством отверстий на 1 пог. см и другие.

В ГОСТ 3584-83 на проволочные тканые сетки с квадратными ячейками контрольные и высокой точности предусмотрена шкала сит с обозначением номеров сеток.

Результаты ситового анализа базируются не на среднем, а на наименьшем размере зерен, и истинная крупность материала всегда больше той, которую отражает ситовой анализ. Кроме того, в результате трения, при просеве через сита мягких материалов, увеличивается количество тонких пылевидных частиц.

Тонкость помола вяжущих веществ определяют при помощи прибора, состоящего из металлических цилиндрических обойм, и которых хорошо натянуты и плотно зажаты сита с сетками, доньшка и крышки. Все составные части должны плотно входить одна в другую. Диаметр металлических обойм 10-15 см, а высота 5 см. Сетки должны находится на расстоянии 1 см от нижнего края обойм.

Тонкость помола цемента определяют с точностью до 0,1% путем взвешивания остатка цемента на сите.

Продолжительность просеивания на просеивающем аппарате составляет 20 мин.

Определение удельной поверхности методом воздухопроницаемости

Этот метод определения удельной поверхности цементов основан на измерении сопротивления, оказываемого воздуху, просасываемому через слой цемента установленной толщины и площади поперечного сечения, уплотненного до определенного содержания пустот в единице объема. Определение удельной поверхности цемента методом воздухопроницаемости ведут по ГОСТ 310-81 на приборе

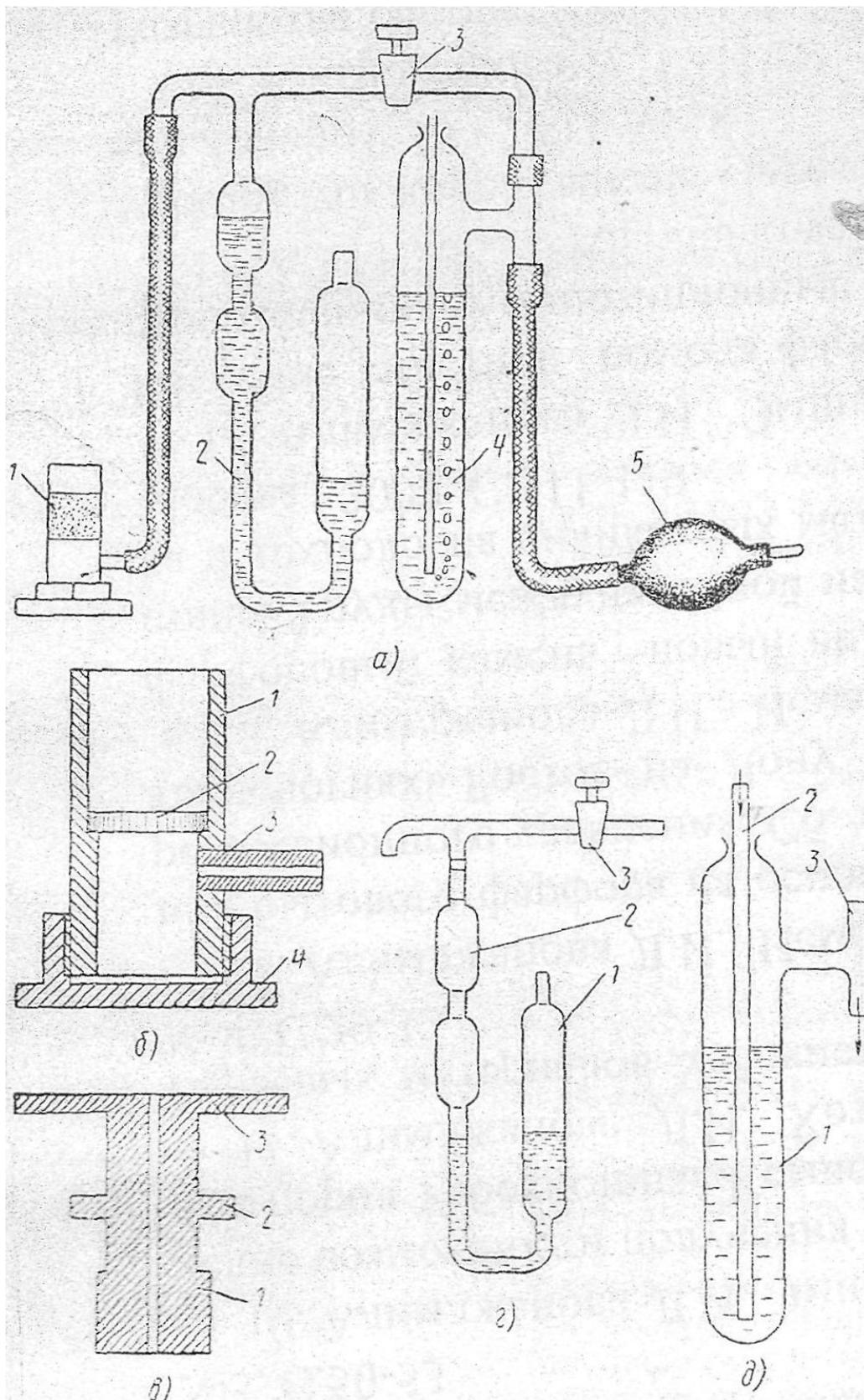


Рис. 2.1.1. Поверхностемер для определения удельной поверхности цемента

а) 1-гильза; 2- манометр аспиратор; 3-кран; 4-регулятор разряжения; 5- источник разряжения.

б) 1-трубка; 2-диск; 3-трубка; 4-обойма.

в) 1-корпус; 2-кольцо; 3- рукоятка.

г) 1-манометр; 2-соединительное устройство; 3-кран.

д) 1-сосуд; 2- трубка; 3-трубка.

Перед испытанием цемент просеивают через сито №09 и навеску в 25 г сушат в течение 2 ч при 105-110°C в сушильном шкафу. Проверяют герметичность гильзы и соединений прибора, для чего плотно закрывают гильзу сверху резиновой пробкой, создают разрежение в манометре-аспираторе и закрывают кран. При полной герметичности гильзы и соединений уровень жидкости в манометре-аспираторе не должен снижаться. В противном случае отыскать место присоса воздуха и добиться полной герметичности.

Величину навески цемента вычисляют по формуле

$$Q = \gamma_{уд} V(1-m) \text{ г,}$$

где $\gamma_{уд}$ – удельный вес испытуемого цемента, г/см³, V - объем слоя цемента в гильзе, см³, m - коэффициент пористости цемента, для обеспечения единообразия рекомендуют принимать $m=0,48\pm 0,01$.

Для портландцементов, размалываемых без добавок (кроме гипса), удельный вес принимают равным 3,15.

Для очень тонко размолотых цементов, а также цементов с добавками (кремнеземистыми, карбонатными и т.п.) величину навески следует подбирать опытным путем так, чтобы при прессовании плунжером в гильзе получился плотный слой. В этом случае величину коэффициента пористости вычисляют по формуле

$$m = \frac{V \cdot \gamma_{\text{дд}} - Q}{V \cdot \gamma_{\text{дд}}}$$

Определение продолжительности просасывания воздуха для одной и той же навески производят дважды и для дальнейших расчетов используют среднее арифметическое из двух определений.

При измерениях, требующих повышенной точности, необходимо производить 2-3 повторных определения с отдельными навесками цементов.

Удельную поверхность цемента вычисляют по формуле.

$$s = \frac{K}{\gamma_{\text{уд}}} \sqrt{\frac{m^3}{(1-m)^2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\eta}} \cdot \sqrt{t} \text{ см}^2 / \text{г}$$

где K – постоянная прибора, указанная в паспорте отдельно для работы с верхним и нижним расширениями манометра-аспиратора, $\gamma_{\text{уд}}$ – удельный вес испытуемого цемента, г/см³, m – коэффициента пористости цемента, находящегося в гильзе; η – вязкость воздуха при температуре опыта, пз; t – время снижения уровня жидкости от отметки сверху расширения до отметки снизу расширения, сек.

2.2. Характеристика исходных материалов

Основными сырьевыми материалами для производства портландцемента служат известняки, глины, сланцы, мергели, различные горные породы.

Таблица 2.2.1

Характеристики материалов для производства цемента

Сырьевой материал	Внешние характеристики	Размер частицы	Влажность
Клинкер	Жесткий, абразивный	< 30 мм	Сухой
Природный гипс	Преимущественно жесткий	< 50 мм	< 10%
Синтетический гипс	Мягкий, липкий	< 50 мм	до 25%

Доменный шлак	Стеклообразный, абразивный	< 5 мм	до 15%
Известняк	Жесткий	< 50 мм	5-10%
Пуццолан	Жесткий или мягкий	10-50 мм	до 25%
Зола уноса - сухая	Порошкообразный	2,000-5,500 см ² /г	Сухой
Зола уноса-влажная	Липкий	Комковатая	до 25%

Класс карбонатов представлен минералом кальцитом, реже минералом арагонитом. Кальцит имеет твердость – 3, арагонит – 3,5-4,0. Известняки осадочные породы. По происхождению различают известняки органогенные, химические и оболочные. Известняки содержат примесные минералы – алюмосиликатные минералы глин, примеси кварца, халцедона, опала, окиси железа, пирита, гипса, фосфорита, барита. Примеси находятся в виде самостоятельных соединений, а известняк представляет собой механическую смесь минералов. Объемная масса 2650-2900 кг/м³, прочность 50-200 МПа.

Глины являются водными алюмосиликатами в виде тонких частиц < 2 мкм. К глинистым минералам относятся каолинит $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ и монтмориллонит $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 4H_2O$, до 5% Fe_2O_3 , 4-9% MgO , до 3,5% CaO . К глинистым породам относится леи, суглинки. Леи – землистая порода, сложенная из слюд, каолинита, полевых шпатов, кальцита и кварца. Сланцы – скальная порода, продукт перекристаллизации глин. Суглинки – глины содержащие до 40% кварца. Мергели – природная смесь глинистых минералов и кальцита.

Базальты относятся к изверженным породам. В составе базальта не содержится кварца, но имеется много темных составляющих, отличающихся вязкостью и большим удельным весом. базальты в основном состоят из темных минералов.

В диссертационной работе мы пользовались сырьевыми материалами завода «Бекабадцемент» по производству цемента сухим способом. Карьер известняка расположен в 180 км от завода. Фракция известняка - 40 мм. Карьер глины находится в 16 км от завода. В настоящее время, используемые заводом железные руды расположены в 180 км от завода. В качестве топлива используется природный газ, теплотворность которого составляет 34411 кДж/м³, теплотворность угля 25900 кДж/кг. Ниже приводятся химический состав исходных применяемых сырьевых материалов.

Таблица 2.2.2

Химический состав исходных сырьевых материалов, масс. %

Исходный материал	Содержание оксидов, масс. %									
	потеря	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Σ
Известняк	42,04	1,44	0,59	0,4	53,6	"0,9	-	-	0,23	99,27
Глина	11,04	54,26	11,25	4,72	10,09	3,03	-	0,15	0,83	99,05
Железная руда	-	21,37	4,21	63,55	3,82	1,79	-	-	1,44	96,56

Для сырьевой смеси берем следующую пропорцию сырьевых материалов: известняк – 75%; глина – 24%; железная руда – 1%

Таблица 2.2.3

Химический состав сырьевой смеси, масс. %

Наименование материала	Содержание оксидов, масс. %							
	Потери	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	Σ
	п.п							
Сырьевая смесь	34,27	14,32	3,18	2,07	42,66	1,42	0,27	98,19

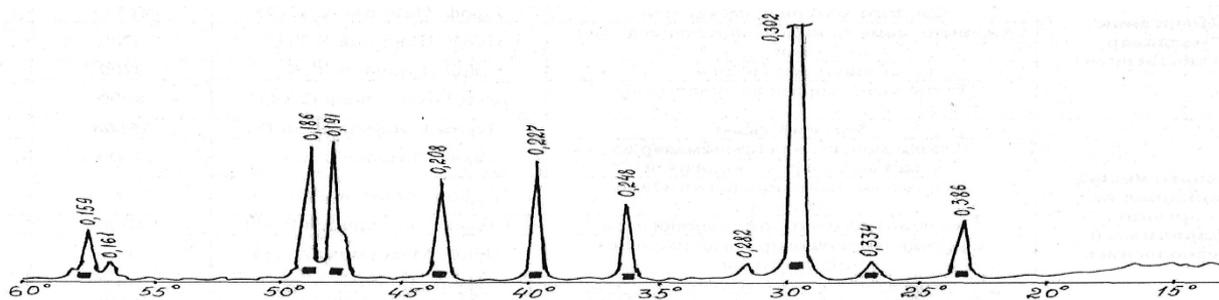


Рис. 2.2.1. Дифрактограмма известняка Джизакского месторождения

Минералогический состав известняка представлен минералом кальцитов с межплоскостными расстояниями $d=0,302; 0,227; 0,208; 0,191; 0,186; 0,159$ нм.

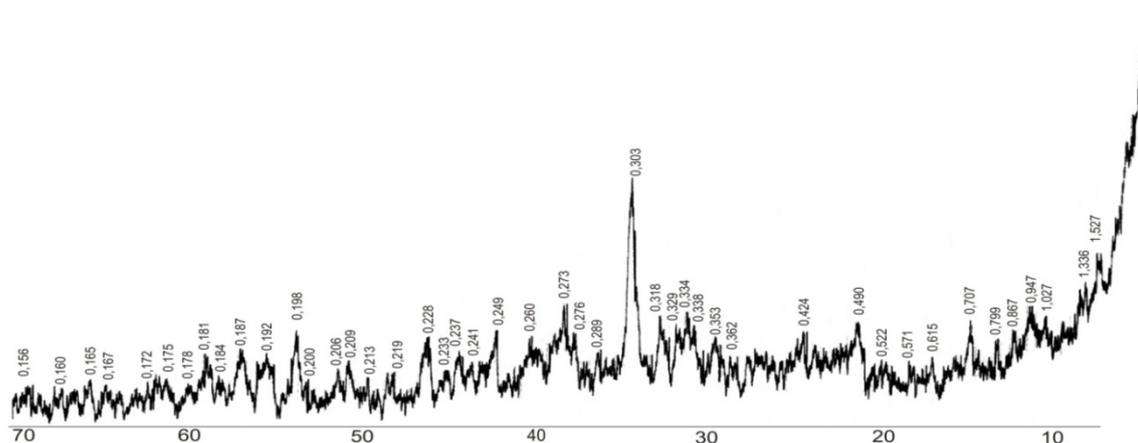


Рис. 2.2.2. Дифрактограмма Бекабадского портландцемента

На рентгенограммах гидратированных образцов цементного камня основные линии принадлежат портландиту – $d=0,49; 0,1924; 0,178$ нм; гидросульфоалюминату кальция – этtringиту - $d=0,560; 0,388; 0,276; 0,269; 0,222$ нм; остаточному содержанию алита - $d=0,301; 0,276; 0,272; 0,217; 0,175$ нм и белиту - $d=0,272; 0,222; 0,175$ нм.

Для исследования были использованы следующие исходные материалы: бездобавочные портландцементы марки 400 АО «Ахангаранцемент», АО

«Бекабадцемент» и АО «Кувасайцемент», химический состав которых приведён в таблице 2.2.4.

Таблица 2.2.4

Химический состав клинкеров, масс.%

Наименование завода	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	CaO _{св}	проч.	Σ
Ахангаранский	22,68	4,55	3,65	65,48	2,45	0,30	0,12	0,87	100
Бекабадский	20,63	4,52	4,05	65,92	1,73	2,15	0,43	0,70	100
Кувасайский	21,78	4,81	4,08	64,14	1,89	0,64	0,37	0,60	98,31

Клинкеры Ахангаранского и Бекабадского цементных заводов отличаются от клинкера Кувасайского цементного завода более высоким содержанием алита и трех кальциевого алюмината, содержание C₄AF почти одинаковы.

Структура клинкеров трех цементных заводов средне – и крупнозернистая, пористость составляет от 22 до 25% кристаллизация четкая. Размеры кристаллов алита от 18 до 52 мкм. Форма многоугольно – призматическая, просматриваются включения зерен белита от 9 -35 мкм., поверхность имеет штриховку в разных направлениях. Содержание промежуточного вещества, представленного светлой и темной массой, составляет порядка 17 – 18%.

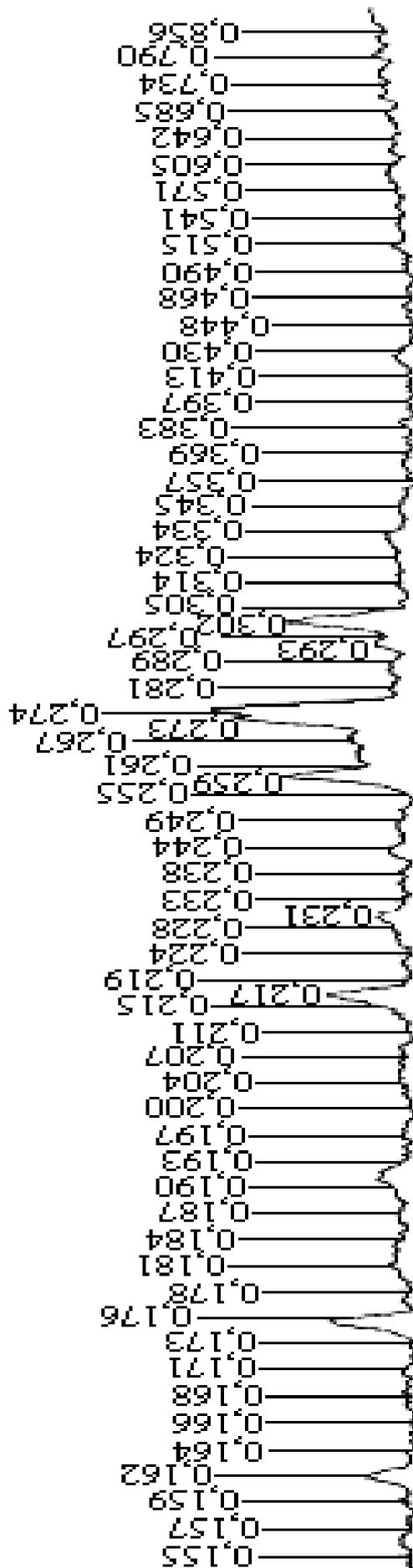


Рис. 2.2.3. Рентгенограмма клинкера АО «Ахангаранцемент»

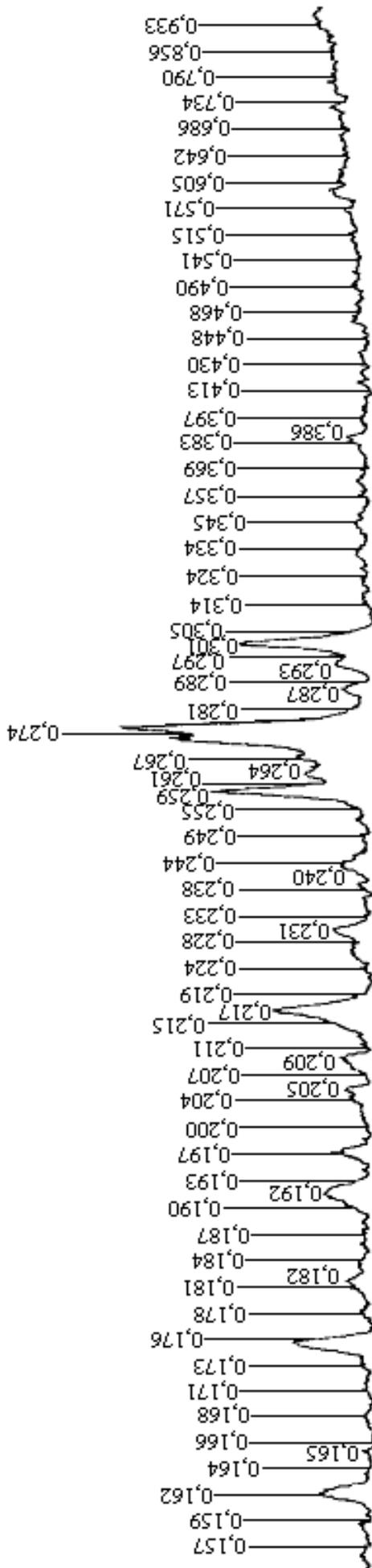


Рис. 2.2.4. Рентгенограмма клинкера АО «Бекабадцемент»

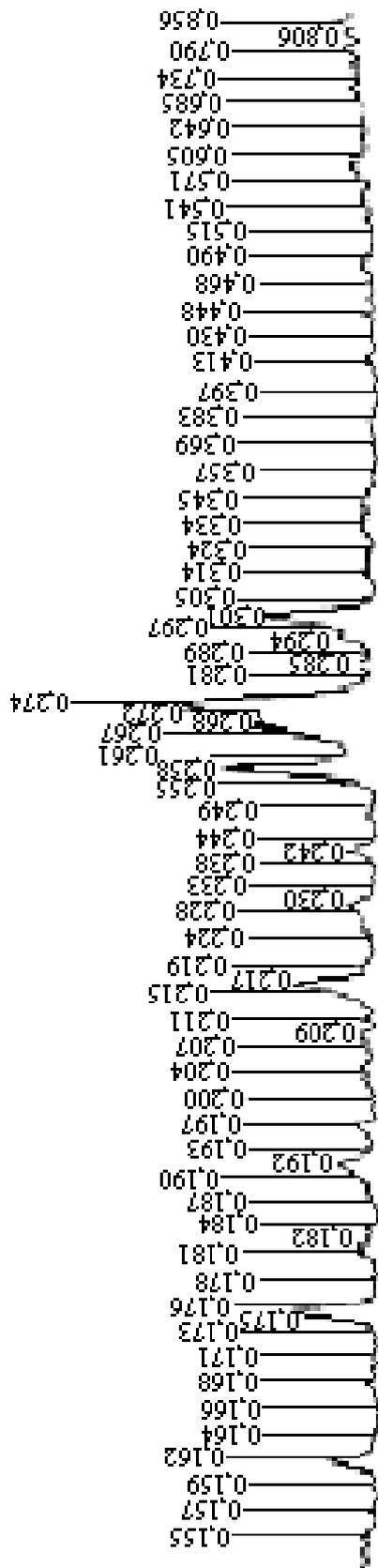


Рис. 2.2.5. Рентгенограмма клинкера АО «Куvasайцемент»

Выводы

Проведены физико-химические исследования клинкеров Бекабадского и Ахангаранского и Кувасайского цементных заводов.

ГЛАВА III. АКТИВАЦИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

3.1. Основные схемы помола, используемые в производстве цемента

Измельчение цементного клинкера на современных цементных заводах производится преимущественно с использованием шаровых мельниц. Основным используются следующие технологические схемы: помол клинкера по открытому циклу и помол в замкнутом цикле с последующей классификацией получаемого материала. Технологическая схема по открытому циклу объективно считается устаревшей, хотя на отечественных цементных заводах еще используется достаточно широко.

Трубные шаровые мельницы с открытым циклом измельчения в производстве цемента применяют как для помола сырьевых материалов, так и для окончательного помола цементного клинкера. Длина шаровых мельниц, работающих по открытому циклу, в 4-5 раз превышает их диаметр. На цементных заводах применяют трубные мельницы размерами 4 x 13.5, 3.2 x 15, 2.6 x 13 метров и др. Их производительность при помоле цементного клинкера до остатка 8-10 % на сите № 008 достигает соответственно 90, 50, 25 т/ч. Такие мельницы приводятся во вращение двигателями соответственно 3200, 2000, 1000 кВт.

Измельчение цементного клинкера в шаровой мельнице работающей по открытому циклу. Помол цементного клинкера до удельной поверхности 3000 см²/г является естественным пределом для трубных мельниц открытого цикла. Получение более высокодисперсного материала на данном оборудовании не имеет смысла по причине увеличения расхода энергии, необходимой для измельчения материала, повышения температуры измельчаемого материала (в некоторых случаях до 200°С, обычно до 120-150°С), большого количества переизмельченного материала, ускоренного износа мелющих тел, броневых плит. Более того, именно для шаровых мельниц открытого цикла характерен наибольший процент цементных зерен округленной формы, активность которых невелика. По этим причинам

трубные шаровые мельницы открытого цикла, являясь, безусловно, устаревшим оборудованием на цементных заводах, имеющих возможность обновления технологического оборудования, заменяются шаровыми мельницами, работающими по замкнутому циклу. Для получения цемента с удельной поверхностью более $3000 \text{ см}^2/\text{г}$ и выше использование шаровых мельниц замкнутого цикла вполне оправдано, более того, именно данный метод производства высокомарочного портландцемента применяется на большинстве современных цементных заводов, в том числе и зарубежных. Измельчение цементного клинкера в шаровой мельнице работающей по закрытому циклу. Схема работы измельчительного оборудования, задействованного в замкнутом цикле производства цемента следующая. Измельченный в шаровой мельнице материал поступает в сепаратор, где из него извлекается фракция тех размеров, какие требуются для готового продукта (например, частицы цемента размерами 0-40 мкм). Более крупные частицы направляются снова в шаровую мельницу для дополнительного измельчения. Таким образом, из основной массы измельчаемого материала непрерывно извлекаются частицы требуемого размера, что в значительной степени снижает опасность переизмельчения частиц, которые особенно склонны к агрегации и налипанию к мелющим телам и стенкам мельницы. Соответственно, именно использование шаровых мельниц и сепараторов, работающих в замкнутом цикле, создает возможность получения высокоактивного портландцемента в промышленных масштабах [56].

В целом для метода помола цемента в шаровых мельницах, работающих в замкнутом цикле, характерна большая маневренность в работе, что позволяет выпускать портландцемент с различной тонкостью помола и, соответственно, активностью, что совершенно не достижимо для шаровых мельниц, работающих в открытом цикле помола.. Основными недостатками помола цементного клинкера по замкнутому циклу является большая сложность и стоимость технологического оборудования, высокий расход электроэнергии, а также возможность накопления трудно дробимых

включений, не прошедших классификацию и отправленных на повторный помол. В настоящее время именно портландцемент является одним из наиболее широко используемых дорогостоящих и дефицитных строительных материалов. Однако высокая стоимость портландцемента объясняется не только сложностью его производства, но и постоянным дефицитом этого материала. Хорошо известно, что основные свойства портландцемента, в том числе, активность, скорость твердения определяются не только химическим и минералогическим составом клинкера, формой и размерами кристаллов алита и белита, наличием тех или иных добавок, но и, в большой степени, тонкостью помола продукта, его гранулометрическим составом и формой частичек порошка. Повышение прочности портландцемента в первые сроки твердения в значительной степени обуславливается именно тонкостью помола. В настоящее время обычные портландцементы измельчают до остатка на сите № 008 5-8 % (по массе), цементы же быстротвердеющие — до остатка 2-4 % и меньше. При этом удельная поверхность соответственно достигает 2500-3000 и 3500-4500 см²/г и более. Таким образом, с увеличением тонкости помола портландцемента повышается его прочность. Увеличение прочности цементного камня открывает широкие возможности снижения расхода портландцемента при производстве бетонных изделий нормируемых показателей прочности. Комплекс мероприятий, позволяющих более полно использовать массу цементных частиц в деле склеивания отдельных зерен заполнителя в единый монолит - искусственный камнеподобный материал - называется активацией портландцемента. Помимо тонкости помола, а соответственно площади контактной поверхности цементного зерна, на его активность также оказывает влияние и сама структура этой поверхности. Под воздействием механического погружения цементных зерен возникают физические дефекты в подрешетках и решетках минералов, что значительно ускоряет элементарные взаимодействия поверхностного слоя вяжущего с водой. Происходит сокращение времени набора портландцементом марочной прочности, более

полно используется потенциальная энергия вяжущего вещества. Перечисленные факторы способны существенно изменить показатели активности цемента в худшую сторону, что и заставляет строителей увеличивать расход портландцемента для получения бетонных изделий нормируемых характеристик. Цементный порошок в основном состоит из зерен размером от 5-10 до 30-40 мкм. Тонкость помола портландцемента характеризуют обычно остатками на ситах с размером ячеек в свету 0,2; 0,08, а иногда и 0,06 мм, а также удельной поверхностью порошка, определяемой на приборах различной конструкции на которых при точно установленных условиях определяют воздухопроницаемость порошка, а затем по показателям проницаемости и пористости рассчитывают удельную поверхность. Известно, что разные фракции цементного порошка по-разному влияют как на прочность цементного камня, так и на скорость его твердения. В связи с этим ряд исследователей рекомендует характеризовать активность цемента не только по удельной поверхности порошка, но и по зерновому составу. Равномерное и быстрое твердение цемента достигается при следующих зерновых составах: зерен мельче 5 мкм — не более 20 %, зерен размерами 5-20 мкм — около 40-45 %, зерен размерами 20-40 мкм — 20-25 %, а зерен крупнее 40 мкм — 15-20 %. Многочисленные исследования, проводившиеся как в нашей стране, так и за рубежом, позволили выявить следующую зависимость между количеством зерен определенного размера и скоростью твердения портландцемента. Так, частицы размерами 0-5 мкм оказывают решающее влияние на рост прочности цементного камня в первые часы твердения. Именно от частиц этого размера напрямую зависят сроки начального схватывания портландцемента. Частицы размером 5-10 мкм влияют на прочность цементного камня в 3-7 суточном возрасте, а фракция 10-20 мкм определяет прочность в 28 суточном и более позднем возрасте. Установлено, что, измельчая один и тот же портландцементный клинкер и соответственно изменяя долю частиц размером 5-20 мкм в общей массе цементного порошка, можно получать портландцемент марок 600, 700 и 700

ОБТЦ. [57,58]. Влияние зернового состава и удельной поверхности цементного порошка на активность портландцемента приведена в таблице 3.1.1.

Таблица 3.1.1

Влияние зернового состава и удельной поверхности цементного порошка на активность портландцемента

Удельная поверхность см ² /г	Содержание SO ₃ , %	Содержание, %, фракций, мкм						Предел прочности при сжатии, МПа, через сутки				Марка цемента при испытании и трамбованных образцов
		0-5	5-10	10-20	0-10	0-20	>80	1	3	7	28	
2300	2	2	14	27	16	43	7	15	38	51	64,5	600
2800	2	7	14	31	21	52	4	21	35	54	74	700
4300	2,6	9	25	29	34	69	2,5	33	51	62	73	700 ОБТЦ

Из представленной таблицы видно, что путем изменения массовой доли частиц определенного размера возможно получение портландцемента высокой марочной прочности при совершенно рядовых показателях удельной поверхности (2687 см²/г). Принимая во внимание, что помол цементного клинкера с получением тонкодисперсного порошка весьма дорогостоящая операция (мощность приводного двигателя шаровой мельницы, используемой в производстве цемента, производительностью 50 т/ч достигает 1000 кВт), именно корректировка гранулометрического состава цементного порошка, несомненно, является наиболее экономически выгодным способом повышения полезных свойств портландцемента при его активации. Помимо показателей удельной поверхности, гранулометрического состава цементного порошка форма зерен

портландцемента также оказывает существенное влияние на его вяжущие свойства. Таким образом, одно лишь изменение формы частиц цементного зерна с округленной на осколочную, при прочих равных условиях обеспечивает повышение активности портландцемента в среднем на 10 Мпа. Таким образом, для получения материала высокой дисперсности необходимо увеличить время контакта с мелющими телами. Чем большее время цементное зерно контактирует с мелющими телами, тем более окатанную форму приобретает, чем более окатанная форма цементного зерна, тем ниже активность получаемого портландцемента.

Известно, рациональная аспирация трубных шаровых мельниц не только стабилизирует процесс измельчения в них, но и улучшает строительные свойства цемента. Проведенные обследования цементных мельниц показали, что на многих заводах они работают не эффективно вследствие чего является отсутствие строгого подхода к аспирационным системам в целом. например, было установлено, что однотипные мельницы, работающие на одном заводе, выпускающие один тип цемента, оснащаются существенно отличными по производительности вентиляторами, различными по типу и количеству пылеулавливающими устройствами. Это объясняется тем, что нет единого подхода к сущности аспирации и аспирационным системам, а имеющиеся методики по расчету аспирационных систем устарели, не учитывают прошедших конструктивных изменений внутримельничных устройств и совершенствования технологических режимов помола материала.

Целью настоящей работы является обобщение изменения конструкции трубной цементной мельницы существующих и разработка усовершенствованной с классифицирующим разгрузочным устройством и усовершенствование методов расчета аспирационных режимов работы цементных мельниц, в частности объемов воздуха, гидравлических сопротивлений и т.д.

В работе мы используем замкнутый цикл помола клинкера Бекабадского цементного завода. Помол клинкера осуществляется на помольной станции г. Янгиюля. Работа направлена на повышение эффективности процесса тонкого помола клинкера в цементной мельнице, выражающееся в повышении ее производительности, снижении удельного расхода электроэнергии на процесс измельчения материала, обеспечиваемых транспортированием мелкофракционного материала из задних камер в аспирационный патрубок, предотвращением его возврата, эффективным выделением из него тонкодисперсной фракции аспирационным потоком и транспортированием мелкофракционного материала, лишённого тонкодисперсной фракции в камеру помола. Для этого пользуемся рациональными конструкциями аспирационного патрубка, многозаходной винтовой лопастью. На рис. 3.1.1 показаны выносные элементы аспирационного патрубка с винтовой лопастью.

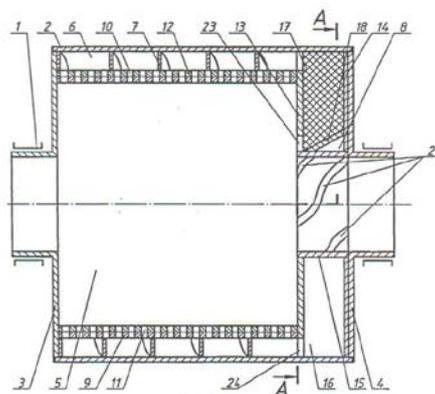


Рис. 3.1.1. Продольный разрез футерованного корпуса шаровой барабанной мельницы и неподвижно соединенных с ним загрузочного и разгрузочного днищ

(1- подшипниковая опора, 2-корпус, 3, 4-разгрузочные днища, 5-камера помола, 6-кольцевая камера, 7-винтовой конвейер, 8-разгрузочное устройство, 9-перероторированная обечайка, 10, 11-отверстия, 12-болтовое соединение, 13-1, 14-2 камеры, 15-аспираторный патрубок, 16,17,18,19-лопасти, 20-передняя камера, 21-перфорированные лопасти, 22-задняя

камера, 23-соединительное отверстие, 25,26-ось- конусообразные поверхности, 27-винтовая лопасть, 28-винтовой канал, 29-30 передняя и задняя стенка).

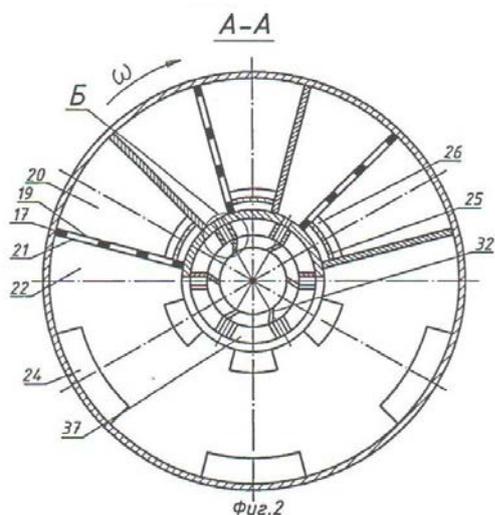


Рис.3.1.2. Поперечный разрез футеровочного корпуса в месте расположения

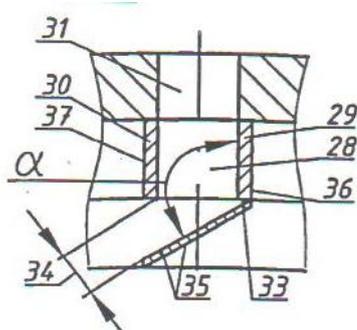


Рис. 3.1.3. Выносные элементы аспирационного патрубка с винтовой лопастью

В этих мельницах поток аспирационного воздуха, переходя через аспирационный патрубок, захватывает из пересыпающего в нем мелкофракционного материала тонкодисперсный материал и уносит из мельницы через разгрузочное днище на разгрузку. Мелкофракционный материал, лишенный тонкодисперсного материала перемещается в камеру домола на доизмельчение. Так как в камеру помола из аспирационного

патрубка поступает мелкофракционный материал, то уменьшение диаметра или ширины отверстий перфорированной обечайки, классифицируется у разгрузочного устройства, что позволит увеличить время пребывания мелкофракционного материала и повышает степень его измельчения, конструктивные параметры разгрузочных устройств влияют на объем воздуха в мельнице и на гидравлические сопротивления.

Таким образом, конструкция трубной цементной мельницы с классифицирующим разгрузочным устройством позволяет повысить производительность мельницы и снизить удельный расход электроэнергии на процесс измельчения материала за счет качественного выделения в классифицирующем разгрузочном устройстве из мелкофракционного материала тонкодисперсного материала в поток аспирационного воздуха, транспортирующего его из мельницы.

3.2. Расчёт отделения помола портландцемента на Янгиюльской помольной станции

Расчётная производительность мельницы определяем по формуле

$$Q = 6,45 \sqrt[3]{V_{\text{п}} \cdot \text{Ч} \cdot \text{И} \cdot \sqrt{D_{\text{с}} \cdot \text{Л}} \cdot (m/V_{\text{п}})^n \cdot \text{Ч} \cdot \text{К} \cdot \text{б} \cdot \text{Ч} \cdot \text{q}}$$

где n показатель степени = 0,8

$V_{\text{п}}$ - полезный объём мельницы, м³

$D_{\text{с}}$ - диаметр мельницы в свету, м

$L_{\text{п}}$ - полезная длина мельницы, м

m - масса мелющих тел, м

K- коэффициент равный 1,1 – 1,2 при замкнутом цикле

b – удельная производительность мельницы в т/(кВт *ч) потребляемой мощности = 0,036 – 0,038

q – поправочный коэффициент на тонкость помола:

для портландцемента = 0,818-0,655

Диаметр мельницы в свету $D_{\text{с}}$

$$D_{\text{с}} = (0,94 \dots 0,95) \sqrt[3]{Q} = 0,94 \sqrt[3]{5,2} = 4,89 \approx 4,9 \text{ м}$$

Полезная длина мельницы.

$$L_{\text{п}} = L - 0,2 = 16,5 - 0,2 = 16,3 \text{ м}$$

Масса мелющих тел. $m = 3,77 \cdot \pi \cdot D_{\text{с}} \cdot L_{\text{п}} = 3,77 \cdot 0,26 \cdot 4,91 \cdot 16,3 = 383,6 \text{ т}$. Полезный объём мельницы

$$V_{\text{п}} = (\pi \cdot D_{\text{п}} \cdot L_{\text{п}}) / 4 = (3,14 \cdot 4,91 \cdot 16,3) / 4 = 307,2 \text{ м}^3$$

Производительность мельниц для портландцемента

$$Q = 6,45 \cdot V_{\text{п}} \cdot i \cdot \sqrt{D_{\text{с}}} \cdot (m/V_{\text{п}})^n \cdot K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{ц}} \cdot N_{\text{сб}} = \\ = 6,45 \cdot 307,2 \cdot 4,9 \cdot \sqrt{383,6/307,2} \cdot 1,15 \cdot 0,037 \cdot 0,818 = 182,3 \text{ т/ч.}$$

Расчёт количества мельниц для помола цемента

$$n = A_{\text{г}} / (8760 \cdot K_{\text{ч}} \cdot Q)$$

где $A_{\text{г}}$ – годовая производительность, выбранная нами по помольной станции Янгиюльского отделения помола цемента т/год = 240000 т/год

8760 – количество рабочих часов в году

$K_{\text{ч}}$ – коэффициент использования рабочего времени мельницы для замкнутого цикла = 0,82

Q – часовая производительность мельницы по данному виду цемента = 182,3 т/ч

$$n = 240000 / (8760 \cdot 0,82 \cdot 182,3) = 0,18$$

для помола цемента понадобится одна мельница

Определение критической и рабочей частоты вращения мельниц

Критическая частота вращения мельниц

$$n_{\text{кр}} = 4,05 / i \cdot \sqrt{D_{\text{с}}} = 4,05 / 4,9 \cdot \sqrt{4,9} = 1,83 \text{ рад/сек}$$

$$n_{\text{кр}}' = 42,3 / i \cdot \sqrt{D_{\text{с}}} = 42,3 / 4,9 \cdot \sqrt{4,9} = 19,1 \text{ об/мин}$$

Оптимальная рабочая частота вращения мельниц.

$$n_{\text{опт}} = 3,07 / i \cdot \sqrt{D_{\text{с}}} = 3,07 / 4,9 \cdot \sqrt{4,9} = 1,39 \text{ рад/сек}$$

$$n_{\text{опт}}' = 32 / i \cdot \sqrt{D_{\text{с}}} = 32 / 4,9 \cdot \sqrt{4,9} = 14,1 \text{ об/мин}$$

Определение мощности электродвигателя для привода мельницы N кВт

$$N = (0,2 \cdot m \cdot D_{\text{с}} \cdot n_{\text{опт}}') / \eta$$

где m – масса мелющих тел, т.

$D_{\text{с}}$ – диаметр барабана в свету, м.

$\eta - \text{КПД} \eta = 0,90 - 0,94$ для мельниц с центральным приводом

$\eta = 0,83 - 0,85$ для мельниц с периферийным приводом

$N_{\text{ц}} = (0,2\text{Ч}383,6\text{Ч}4,9\text{Ч}14,4)/0,94 = 5759$ кВт

С учётом пускового момента 10 – 15 %

$N_{\text{ц}}' = N_{\text{ц}}\text{Ч}1,15 = 5759\text{Ч}1,15 = 6920$ кВт

По рассчитанным данным выбираем по каталогу мельницу, работающую по замкнутому циклу помола. Техническая характеристика мельницы: Цементная мельница, работающая в замкнутом цикле, 5,2Ч16,5

Тип мельницы Замкнутый цикле. Частота вращения об/мин 14,0, Шаровая загрузка, т 390, Мощность двигателя, кВт 6325, Тип привода кольцевой двигатель, Расход аспирационного воздуха 90000, м³/ч, Тип фильтра - электрофильтр, Удельная поверхность цемента, см²/г 3000, Производительность, 300 т/ч. Подбор сепараторов-воздушные сепараторы являются принадлежностью размольных установок, работающих по замкнутому циклу, и служат для разделения предварительно размолотого материала на отдельные фракции по крупности зёрен. Воздушная сепарация осуществляется двумя способами: при первом способе, через сепаратор проходит пылевоздушный поток, из которого осаждаются лишь крупные частицы материала, а мелкие выносятся из него воздушным потоком и улавливаются дополнительными устройствами. При втором способе в сепаратор подаётся только, материал который подхватывается потоком воздуха, циркулирующим внутри сепаратора. Из сепаратора выходит крупная и мелкая фракция по различным патрубкам. Для сепарации по первому способу применяются простые по конструкции проходные сепараторы, а для работы по второму способу используют более сложные по устройству центробежные сепараторы с замкнутым потоком воздуха.

Производительность сепаратора определяется по формуле.

$Q = Q_{\text{м}}\text{Ч}(1,20 \dots 1,40) = 182,3\text{Ч}(1,20 \dots 1,40) = 218,6 \dots 255,2$ т/ч

где $Q_{\text{м}}$ – производительность мельницы по портландцементу.

Для данных целей можно использовать различные типы пневмонасосов: насос пневмокамерный НПА-50, НПА-60, НПК, ТА-23, ТА-28, ТА-29, УПЦ-40 ус). В данном случае расчёт принят для насоса ТА-28. $Q_{\max} = 182,3$ т/ч

Предлагаем установить на мельницу 3 пневмокамерных насоса ТА – 28, соединенных параллельно. Третий пневмокамерный насос является запасным, он будет использоваться при неисправности, техническом обслуживании или ремонте одного из двух других насосов.

Техническая характеристика насосов ТА – 28

Производительность, т/ч 100 – 125

Приведённая дальность подачи, м 1000

Внутренний диаметр трубопровода, мм 250

Рабочее давление сжатого воздуха, МПа 0,6

Расход сжатого воздуха, м³/мин 90,4

Конструктивные решения питателей весьма разнообразны.

Дозирование материала можно производить по массе и по объёму. Оборудование для объёмного дозирования проще по устройству, но точность его работы ниже, чем у весовых дозаторов, так как в этом случае сказывается влияние изменения плотности материала.

Объёмные дозаторы могут в некоторых случаях применяться при дозировании жидкостей. По режиму работы различают дозаторы циклического и непрерывного действия. Максимальная производительность мельниц:

Цемент 250 т/ч Производительность дозатора для клинкера

$$P_{дк} = Q_{м} \cdot C_{81} / 100 = 250 \cdot 81 / 100 = 202,5 \text{ т/ч}$$

где – 81 процентное содержание клинкера

$$\text{Дозатор для гипса } P_{дг} = Q_{м} \cdot C_{5} / 100 = 250 \cdot 5 / 100 = 12,5 \text{ т/ч}$$

- 5 процентное содержание гипса

Производительность питателей. Производительность питателей для портландцемента $P_{п} = P_{д} / \rho_{н}$ ($\rho_{н}$ насыпная плотность материала в м/т)

Питатель для клинкера Ппк = $202,5 / 0,625 = 324 \text{ м}^3/\text{ч}$

Питатель для гипса Ппг = $12,5 / 0,74 = 16,9 \text{ м}^3/\text{ч}$

Выбор питателей и дозаторов.

Для клинкера дозатор ВЛ – 1058 производительностью 200 тонн :
питатель ДТ – 20 Для добавки дозатор ВЛ – 1058 производительностью 75
тонн : питатель ДЛ – 12 А Для гипса дозатор ВЛ – 1058
производительностью 30 тонн : питатель ДЛ – 10 А

Технические характеристики ленточных дозаторов Производительность,
т/ч 200 75 30 Частота вращения приводного барабана об/мин 50 18,5 7,4.
Ширина ленты, мм 700 700 700. Длина ленты по центру барабанов, мм 1500
1500 1500. Масса, кг 240 240 240 Мощность электродвигателя, кВт 200
200 200.

Расчёт компрессорной. Общая производительность 6-ти
пневмокамерных насосов. $\Sigma Q_v = 6490,4 = 542,4 \text{ м}^3/\text{мин}$. Общий расход
воздуха в цехе помола.

Вобщ = $\Sigma Q_v \cdot 1,1 = 542,4 \cdot 1,1 = 596,6 \text{ м}^3/\text{мин} \approx 600 \text{ м}^3/\text{мин}$

где – 1,1 коэффициент запаса

Из выпускающихся компрессоров выбираем винтовой воздушный
компрессор. Производительность 50 м³/мин, Рабочее давление 0,8 МПа,
Мощность электродвигателя 250кВт. Количество компрессоров : $n = \frac{V_{\text{общ}}}{K} + 1 = \frac{600}{50} + 1 = 14$ компрессоров: где – К- производительность одного
компрессора.

Расчёт системы газоочистки и аспирации мельниц

В цементном производстве основными источниками пылевыведения
являются клинкерообжигательные печи, сушильные барабаны, сырьевые и
цементные мельницы, а также дробильные агрегаты. Выбросы пыли от
печей составляют до 80% от всего количества пыли, выбрасываемой в
атмосферу при производстве цемента. В зависимости от размеров
вращающихся печей, наличия в них теплообменных устройств, режима
обжига, способа производства цемента и свойств сырьевой шихты и

топлива, пылеунос в среднем колеблется от 5 до 25% к весу подаваемой сырьевой шихты в печь. При использовании нефелинового шлама и форсированном режиме обжига, а также при работе печей с концентраторами пылеунос достигает 30 – 32 %.. Количество отходящих газов от печей составляет от 80000 до 600000 м³/ч при температуре от 150 до 600° С. При сухом способе производства цемента температура отходящих газов доходит до 800° С. Количество пыли, выбрасываемой вместе с отходящими газами сушильных барабанов, изменяется в зависимости от размеров барабана, режима сушки, вида сырья и топлива. Количество пыли удаляемой с аспирационным воздухом из мельниц, зависит от размера и типа мельниц, типа и конструкции аспирационных коробок, степени уплотнения их, а также от интенсивности аспирации мельницы, т. е. от количества просасываемого воздуха через неё, режима помола и характеристики размалываемого материала. Пыль газов, отходящих от сушильных барабанов, представляет собой наиболее тонкие фракции материала, подвергающихся сушке. Пыль, выносимая аспирационным воздухом из цементных мельниц при помоле портландцемента, благодаря своей тонкой дисперсности и большой удельной поверхности является высокомарочным быстротвердеющим цементом. На цементных заводах перерабатываются и транспортируются большие массы порошкообразных материалов: различные цементы, сырьевые мелкоизмельчённые смеси при сухом способе производства, угольный порошок, а также пыль, уловленная из отходящих газов и аспирационного воздуха. Вследствие этого требуются значительные ёмкости, а также различные транспортные и разгружающие устройства. Количество аспирационного воздуха проходящего через пространство мельницы.

$$V_{\Gamma} = F_{\text{м}} \cdot \chi \cdot V_{\Gamma} \cdot 3600 \cdot \chi (1 - \varphi)$$

$$F_{\text{м}} = (\pi \cdot \chi \cdot D \cdot l) / 4 = (3,14 \cdot 4,91) / 4 = 18,85 \text{ м}^2$$

V_{Γ} – скорость воздуха в мельнице = 0,7 м/с φ – коэффициент загрузки = 0,26

$$V_{\Gamma} = 18,85 \cdot 0,7 \cdot 3600 \cdot (1 - 0,26) = 35151 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Определение количества воздуха проходящего через аспирационную шахту, циклоны рукавные фильтры и вентилятор. Как показывает практика, чтобы прососать расчётный объём воздуха через мельницу, вентилятору приходится перекачивать его в большем количестве. Это объясняется подсосом воздуха через уплотнения системы аспирации. По отношению к воздуху, проходящему через мельницу и принятому за 100%, подсос через уплотнения в аспирационной шахте составляет 50%, циклонах – 10%, в рукавных фильтрах – 40%. Поэтому после расчёта количества воздуха, проходящего через мельницу, надо рассчитать, сколько воздуха пройдёт с учётом подсоса через аспирационную шахту (коэффициент 1,5), через циклоны (коэффициент 1,6), фильтры и вентилятор (коэффициент 2,0).

Количество воздуха проходящего через аспирационную шахту:

$$V_{\text{ш}} = V_{\Gamma} \cdot 1,5 = 35151 \cdot 1,5 = 52726,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Количество воздуха проходящего через циклоны:

$$V_{\text{ц}} = V_{\Gamma} \cdot 1,6 = 35151 \cdot 1,6 = 56241,6 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Количество воздуха проходящего через рукавные фильтры и вентилятор:

$$V_{\text{ф}} = V_{\Gamma} \cdot 2,0 = 35151 \cdot 2,0 = 70302 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Расчёт сечения и высоты аспирационной шахты.

$$\omega_{\text{ш}} - \text{скорость воздуха в шахте} = 1,5 \text{ м/с}$$

Площадь поперечного сечения шахты.

$$F_{\text{ш}} = V_{\text{ш}} / (3600 \cdot \omega_{\text{ш}}) = 52726,5 / (3600 \cdot 1,5) = 9,76 \text{ м}^2$$

Размер одной из сторон шахты, параллельной оси мельницы:

$$a = \sqrt{F_{\text{ш}}/n} = \sqrt{9,76/1} = 3,12 \text{ м}$$

где – n отношение сторон 1:1 (1,0) для квадрата, 2:3 (0,67) для прямоугольного сечения шахты. Высота шахты h:

$$H = 5,5 \cdot 2 \cdot a \cdot n / (1+n) = 5,5 \cdot 2 \cdot 3,12 \cdot 1 / (1+1) = 17,16 \approx 17 \text{ м}$$

На второй ступени обеспыливания применяют батарейные циклоны сухой очистки типа ЦН –15. Циклоны выбирают в зависимости от количества газа проходящего через них . Удельная поверхность 52726,5 м³/ч

По требуемым параметрам подходит циклон ЦН – 15, диаметром 800 мм, установленных группой из 8 – ми циклонов, производительностью 46400 – 54080 м³/ч

Выбор рукавного фильтра. На последней ступени очистки газа используют рукавные фильтры типа СМЦ – 101,предназначенные для очистки воздуха с температурой до 140€ С., Количество газа проходящего через фильтры: Vф = 70302 м³/ч, Из производящихся фильтров выбираем фильтр СМЦ – 101 – Ш с длиной рукава 9000 мм, Число двухкамерных секций 7 шт, число рукавов 252 шт., Площадь фильтруемой поверхности 1400 м², Производительность 92400м³/ч, Масса фильтра 37975 кг, Потребляемая мощность 10,5кВт

Выбор вентилятора. Вентилятор ВМ – 18 А, Производительность 108000 м/ч, Напор 12900 Па, Температура 200°С, Мощность двигателя 370кВт, Частота вращения 980 об/мин

Таблица 3.2.1

Сводная ведомость оборудования

№ ,п/п	Наименование	Тип марка	Производительность	Потребляемая мощность	Количество единиц
1	Силоса	12x19,5	1700м ³		30
2	Сушильный барабан	СМЦ-440	14 т/ч	36кВт	1
3	Сушильный барабан	СМЦ-429	20-25 т/ч	55кВт	1
4	Мельница Полизиус	5,2x16,5	300т/ч	6325 кВт	2
5	Сепараторы	Диаметр	210т/ч	450 кВт	2

		7,3			
6	Пневматические насосы	ТА-28	100-125 т/ч	90,4 м3/ч сжатого возд.	6
7	элеватор	Э2цо-900	250 т/ч	40кВт	2
8	дозатор	ВП-1058	200 т/ч	200кВт	2
9	Дозатор	ВП 1058	75 т/ч	200кВт	2
10	дозатор	ВП 1058	30 т/ч	200кВт	2
11	питатель	ДТ 20	120-210 т/ч	17кВт	2
12	питатель	ДП125	30-48т/ч	4,0кВт	2
12	поршневой компрессор	Г100/8	100м ³ /мин	625кВт	7
13	циклон	ЦН-15	6,54,3тыс.м ³ /ч	800мм	16

3.3. Расчет аспирационных режимов работы цементных мельниц

Известно [59], что рациональная аспирация трубных шаровых мельниц не только, стабилизирует процесс измельчения в них, но и улучшает строительно-технологические свойства цемента. В диссертационной работе мы приводим методики расчета аспирационных режимов работы цементных мельниц-объемов воздуха, гидравлических сопротивлений.

На величину гидравлического сопротивления трубной шаровой мельницы существенное влияние оказывают не только конструктивные, параметры внутримельничных устройств, но также режим работы загрузки (мельющие тела и материал), физико-механические свойства измельчаемого материала, температурно-влажностные условия процесса, измельчения.

Объем аспирационного воздуха, проходящего через первую камеру мельницы, рассчитывался как

$$Q_1 = M \cdot \frac{T + t_1}{\rho T} \quad (1)$$

где М - массовый расход воздуха (кг); t₁ - средняя температура воздуха в первой камере мельницы (град), ρ- объемная масса воздуха (кг/м³), Т – 273°. Объем аспирационного воздуха, выходящего из второй камеры мельницы,

$$Q_{11} = M \cdot \frac{T + t_2}{\rho T} \quad (2)$$

где t_2 - средняя температура воздуха во второй камере мельницы. Гидравлическое сопротивление точки мельницы, имеющей прямоугольное сечение, может быть определено как

$$\Delta\rho = \frac{\xi j Q^2}{2g(a \cdot b)^2 (1 - \varphi_T)^2} \quad (3)$$

где a, b - ширина и высота точки (м), ξ - коэффициент местного сопротивления, принимаемый равным 2,2; φ_T - коэффициент, учитывающий заполнение точки измельчаемым материалом, j - объемный вес воздуха (Н/м²).

Если потери напора в точке рассматривать как потери в колене, то

$$\Delta\rho_T = \frac{\frac{j \sin^2 \beta}{2Q^2}}{\delta(a \cdot b)^2 (1 - \varphi_T)^2} \quad (4)$$

где δ - коэффициент смягчения входа может быть принятым $\delta = 0,55$, β - угол наклона точки.

Гидравлическое сопротивление загрузочной горловины определяется по зависимости

$$\Delta\rho_T = \frac{g \xi j Q^2}{g} \cdot \left(\frac{1}{\pi^2 D^4 (1 - \varphi_T)^2} - \frac{1}{\left(\pi d_r^2 - 4B \cdot \frac{t}{\rho_M} \right)^2} \right) \quad (5)$$

где D - диаметр мельницы в свету (м), d_r - внутренний диаметр загрузочной горловины (м), B - производительность мельницы входная (кг/с), t - время движения материала через горловину (с), f_M - объемная масса измельчаемого материала (кг/м³), l - длина разгрузочной горловины (м), ρ_T - коэффициент загрузки горловины, ξ - коэффициент местного сопротивления горловины, равный $\xi = 0,5 (1 - d_r^2/D^2)$.

Площадь загрузки в поперечном сечении барабана мельницы при водопадном режиме её работы может быть рассчитана как

$$r = (D^2 \varphi \sin L_0) / (8(\pi - 2L_0)(2\pi - 4 \arccos(\pi^2 n^2 D(1 + \sqrt{1 - \varphi}))) / 4, B \quad (6)$$

где L_0 - угол отрыва мелющих тел (рад), n - частота вращения барабана мельницы (c^{-1}), φ - коэффициент загрузки камер мельницы.

Ввиду сложности расчетов и отсутствия возможности определения концентрации пыли в аспирационном воздухе на любом участке барабана мельницы можно предположить, что концентрация равна некоторой средней величине C_v . Согласно законам аэродинамики, при известной скорости движения воздушного потока возможный диаметр частиц пыли, которые находятся во взвешенном состоянии, может быть определен по формуле

$$d = 0,785KC \frac{\rho V^2}{\rho m^{1,5}} \quad (7)$$

Где K - коэффициент формы частиц (для шаровидных $K=1,0$ для овальных - 1,1, угловатых - 1,53, продолговатых А 1,76, пластинчатых - 3,8), C - коэффициент аэродинамического сопротивления частиц.

Согласно, выражению (7), при температуре аспирационного воздуха в барабане мельницы 80-180°C и скорости его движения 0,5-0,76 м/с во взвешенном состоянии устойчиво могут находиться частицы размером минус 130 мкм. Это свидетельствует о том, что уже в первой камере мельницы, где количество частиц размером менее 80 мкм составляют 40-50%, концентрация пыли в аспирационном воздухе будет значительной. Во второй камере мельницы, где количество частиц размером менее 80 мкм достигает 90%, концентрация пыли будет большей, чем в первой камере мельницы. Кроме того, на концентрацию пыли в аспирационном воздухе существенное влияние оказывает конфигурация футеровки: гладкая, ребристая, конусная каблучковая, либо волновая, прокатная с выступами и др. Очевидно, чем больше полок имеет футеровка, тем большее количество частиц пыли она поднимает над мелющими телами, тем выше концентрация пыли в аспирационном воздухе. Однако, этот фактор имеет и определенное положительное значение, так как из зоны измельчения выводятся мелкие

частицы, что интенсифицирует процесс измельчения и предотвращает переизмельчение материала.

Весовую концентрацию пыли в аспирационном воздухе рассчитывали как

$$K_1 = \frac{QT\rho}{B(T+t)}, \quad (8)$$

где K_1 - коэффициент, учитывающий количество измельчаемого материала, находящегося в аспирационном воздухе (кг/кг). С учетом вышеизложенного суммарное гидравлическое сопротивление барабана мельницы равно

$$\Delta P_{\delta} = \frac{8j\lambda Q^2(1+K_1)}{gD} \cdot \left(\frac{L_1(1+\frac{T}{t_1})}{(\pi D^2 - 4r)^2} \right) + \frac{T_2(1+\frac{T}{t_2})}{\pi^2 D^2(1-\varphi_2)^2}, \quad (9)$$

В настоящее время трубные шаровые мельницы оснащены различными типами междукламерных одинарных и двойных перегородок.

Гидравлическое сопротивление одинарной междукламерной перегородки без центрального аспирационного отверстия рассчитывали

$$\Delta P_n = \frac{8jQ^2(1+K_1)(1+\frac{T}{t_2})^2}{g} \cdot \left(\frac{1}{(\pi D^2 \delta - 4l + \pi \delta_0^2)^2} - \frac{1}{(\pi D^2 - 4l)^2} \right), \quad (10)$$

где δ — живое сечение междукламерной перегородки.

Для перегородки с центральным аспирационным отверстием получили

$$\Delta P_n = \frac{3jQ^2(1+K_1)(1+\frac{T}{t})^2}{g} \cdot \left(\frac{1}{(\pi D^2 \delta - 4l + \pi \delta_0^2)^2} - \frac{1}{(\pi D^2 - 4l)^2} \right), \quad (11)$$

Гидравлическое сопротивление двойной междукламерной перегородки определяется как сумма сопротивлений первого перфорированного элемента и второго с центральным аспирационным отверстием.

$$\Delta P_{1g} = \frac{2j\pi Q^2 D^2(1-\varphi)(1+K_1)(1+\frac{T}{t})}{g(ab)^3} \cdot \left(\frac{1}{(\pi D^2 \delta - 4l)^2} - \frac{1}{(\pi D^2 - 4l)^2} \right), \quad (12)$$

$$\Delta P_{2g} = \frac{128jQ^2(1+K_1)(1+\frac{T}{t})}{g\pi^3 D_0^4} \cdot \left(\frac{1}{(\pi D_0^2 - 4D_0 l/D(1-l_4))^2} - \frac{1}{(\pi D^2 - 4l)^2} \right), \quad (13)$$

где a, b - ширина и длина отверстий межкамерной перегородки (м), l - расстояние между первым и вторым элементом перегородки (м), l_4 - длина первой камеры мельницы (м), D_0 - диаметр центрального аспирационного отверстия во втором элементе перегородки (м).

Гидравлическое сопротивление выходной решётки отлично от сопротивления межкамерной перегородки и определяется как

$$\Delta P_p = \frac{8jQ^2(1+K_1)(1+\frac{T}{t_2})}{g} \cdot \left(\frac{1}{(\pi^2 D_2^4 \delta^2 (1-\varphi_2)^2)} - \frac{1}{\pi^2 D_2^2 (1-\varphi_2)^2} \right), \quad (14)$$

где φ - коэффициент загрузки второй камеры мельницы; D_2 — диаметр барабана мельницы в свету во второй камере мельницы (м), K_2 - коэффициент концентрации пыли во второй камере мельницы.

Потери напора в разгрузочном устройстве при периферийной разгрузке

$$\Delta P_{np} = \frac{jQ^2(1+K_2)(1+\frac{T}{t_2})}{2g} \cdot \left(\frac{16}{(\pi^2 D^4 \delta_p^2 (1-\varphi_2)^2)} - \frac{1}{zr_n^2} \right), \quad (15)$$

При центральной разгрузке

$$\Delta P_{np} = \frac{\eta j Q^2 (1+K_2) (1+\frac{T}{t_2})}{g(\pi d_p^2 - \frac{8t_1}{\rho_v l_p})} \cdot \left(\frac{4}{(\pi d_p^2 - 4Bt_1/\rho_v l_p)} - \frac{1}{zS_n^2} \right), \quad (16)$$

где z - количество разгрузочных окон; f_n, f_p - площадь разгрузочного окна (m^2), δ_p - живое сечение разгрузочной решетки, d_p - внутренний диаметр разгрузочной цапфы (м), l_p - длина разгрузочной цапфы (м), t_1 - время движения готового продукта через разгрузочную цапфу (с), ρ_v - объемная масса готового продукта. Следовательно, суммарное гидравлическое сопротивление мельницы равно

$$\Delta P = \Delta P_T + \Delta P_r \Delta P_\delta + \Pi \Delta P_n + H(\Delta P_{1g} + \Delta P_{2g}) + \Delta P_p + \Delta P_{np}, \quad (17)$$

где Π - количество одинарных межкамерных перегородок, H - наличие двойных межкамерных перегородок.

При определении количества воздуха, просасываемого через мельницу, считаем, что барабан мельницы представляет собой цилиндрическую трубу, имеющую местные сопротивления, величина которых известна.

Таким образом, количество воздуха, проходящего через мельницу, равно

$$Q = \frac{0,785 D_n^2 \left(\frac{2 \Delta P \left(1 + \frac{T}{t_2} \right)}{E, j} \right)^{1/2}}{2}, \quad (18)$$

где D_n - приведенный диаметр живого сечения барабана мельницы (м). Приведенный диаметр барабана мельницы характеризует ее проходное сечение. Он может быть определен как

$$D_n = \sum_{i=1}^n \frac{D_1 l_1}{D}, \quad (19)$$

где D_1 – диаметр 1-го участка мельницы (м), l_1 – длина 1-го участка мельницы (м). Приведенный диаметр точки равен

$$d_{Tn} = \frac{d_T l_T (1 - \varphi_T)}{L}, \quad (20)$$

где d_T, l_T – диаметр и длина точки (м), φ_T – коэффициент загрузки точки.

Приведенный диаметр загрузочной и разгрузочной горловины

$$d_{rn} = \frac{d_r l_r (1 - \varphi_r)}{L}, \quad (21)$$

Приведенный диаметр камер мельницы

$$d_{кп} = d_k l_k (1 - \varphi_k) / L, \quad (22)$$

Приведенный диаметр междукамерной перегородки и выходной решетки

$$d_{пп} = d_{пр} = d_{п} l_{п} (1 - \varphi_k) \delta_{п} / L, \quad (23)$$

Исходя из выражений (18) и (19), расчетная величина суммарного сопротивления барабана мельницы равна

$$\xi = \frac{\Delta P \pi g D^4 \left(1 + \frac{T}{t_2} \right)}{8 j Q^2}, \quad (24)$$

Для расчетов нами были взяты мельницы помольной станции 2,6x13 м с суммарным коэффициентом сопротивления $(2,29-9,18)10^3$. Анализ расчетных значений приведенных диаметров показывает, что минимальную величину имеют приведенные диаметры междукамерной перегородки и выходной

решетки, которые для мельницы размерами 2,6x13 м соответственно равны $5 \cdot 10^{-4}$ м и $3,5 \cdot 10^{-4}$ м. Приведенные диаметры точки $-2,9 \cdot 10^{-2}$ м, загрузочного и разгрузочного патрубков соответственно $3,3 \cdot 10^{-2}$ м и 0,1 м, камер мельницы – 0,54 м. Общий приведенный диаметр мельницы размерами 2,6x13 м составляет 1,25 м. Например, для мельницы размерами 2,6x13 по выражению (18) при живом сечении междукамерной перегородки 10%, выходной решетки 7%, коэффициент загрузки камер 0,3, температура аспирационного воздуха на выходе из мельницы 120°C и разряжения 600 Па через мельницу проходит $7000 \text{ м}^3/\text{ч}$ аспирационного воздуха, а по [2-6] – $10430 \text{ м}^3/\text{ч}$. Измеренный объем аспирационного воздуха, проходящего через мельницу, составляет $7000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

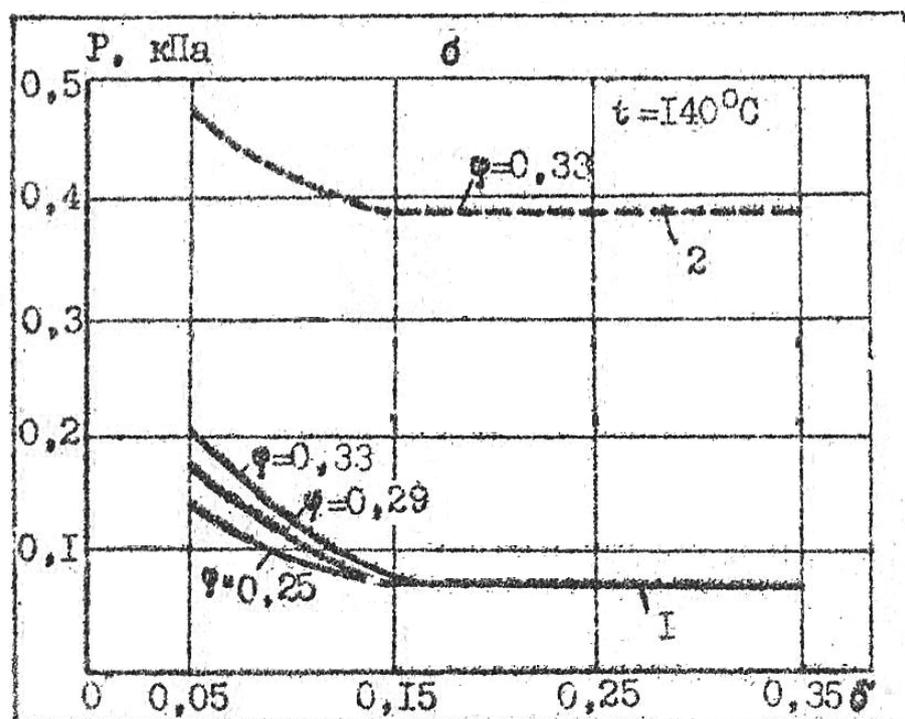


Рис. 3.3.1. Влияние живого сечения междукамерных перегородок на их гидравлическое сопротивление: б – двойная перегородка; 1 – сопротивление перегородок в каскадном режиме работы загрузки; 2 – сопротивление перегородок в водопадном режиме загрузки с учетом запыленности воздуха.

Экспериментально установлено, что при водопадном режиме работы мелющих тел живое сечение барабана мельницы и перегородок снижается

вследствие увеличения разрыхления загрузки и перехода части мелющих тел на параболические траектории движения. Так, например, при живом сечении межкамерных перегородок 5%, коэффициенте загрузки камер мельницы 0,29, температуре аспирационных газов 100°C гидравлическое сопротивление мельницы размерами $2,6 \times 13$ м при каскадном режиме работы составляет 428,3 Па, а при водопадном в первой камере мельницы – 588,4 Па, то есть возрастает на 160 Па или в 1,3 раза. Суммарное гидравлическое сопротивление мельницы с учетом запыленности аспирационного воздуха в этом случае составляет 653,9 Па, то есть в 1,5 раза больше, чем при каскадном режиме работы.

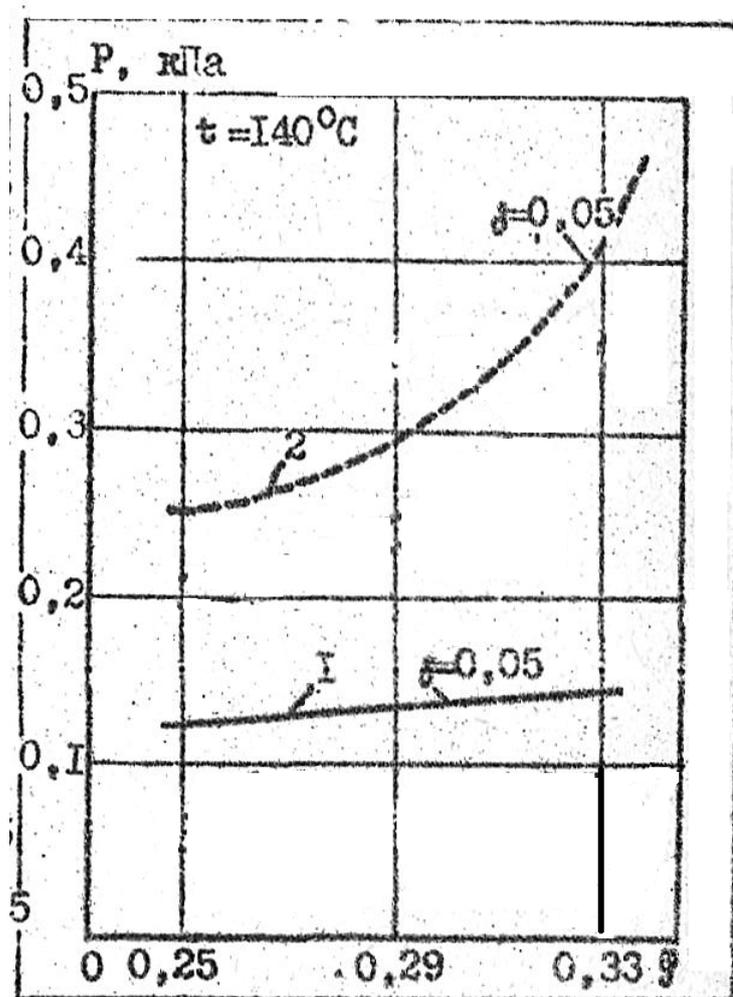


Рис. 3.3.2. Влияние коэффициента загрузки камер на гидравлическое сопротивление перегородок: – двойная перегородка; 1 – каскадный режим работы загрузки; 2 – водопадный режим работы загрузки с учетом запыленности аспирационного воздуха.

Так как у нас замкнутый цикл работы мельницы, то на рис. 3.3.2 представлена зависимость гидравлических сопротивлений междукамерных перегородок от их живого сечения. Сопротивление двойной междукамерной перегородки при таком же живом сечении перфорированного элемента и коэффициенте загрузки камер, составляет,– 450 Па. С увеличением живого сечения перфорированного элемента двойной междукамерной перегородки с 5 до 15% ее сопротивление с 350 Па снижается до 275 Па. Последующее увеличение живого сечения перфорированного элемента перегородки до 0,36, то есть в 2,33 раза обеспечивает снижение сопротивления только до 260 Па. Это объясняется тем, что в двухкамерной перегородке сопротивление второго элемента составляет около 90% общего сопротивления перегородки. На рис. 3.3.2 представлена зависимость гидравлического сопротивления междукамерных перегородок от коэффициента загрузки камер мельницы. При живом сечении одинарной междукамерной перегородки и выходной решетки, равном 5%, увеличение коэффициента загрузки с 0,25 до 0,33 вызывает увеличение ее гидравлического сопротивления с 40 до 51,3 Па. При $\delta=0,15$ и соответствующем увеличении коэффициента загрузки сопротивление перегородки возрастает с 4 до 4,5 Па, то есть в 1,2 раза.

Гидравлическое сопротивление двойной перегородки при $\delta=5\%$ и $\varphi=0,25$ –252 Па, а при $\varphi=0,33$ равно 520 Па (возрастает в 2,1 раза). При $\delta=0,15$, $\varphi=0,25$ сопротивление равно 84 Па, а при $\varphi=0,33$ оно составляет 36 Па, то есть возрастает в 1,03 раза.

Следовательно, увеличение коэффициента загрузки камер оказывает большее влияние на величину гидравлического сопротивления при малых значениях живого сечения междукамерных перегородок. При живом сечении междукамерных перегородок порядка 15% изменение коэффициента загрузки камер мельницы не оказывает существенного влияния на величину сопротивления перегородок, выходных решеток и мельницы в целом.

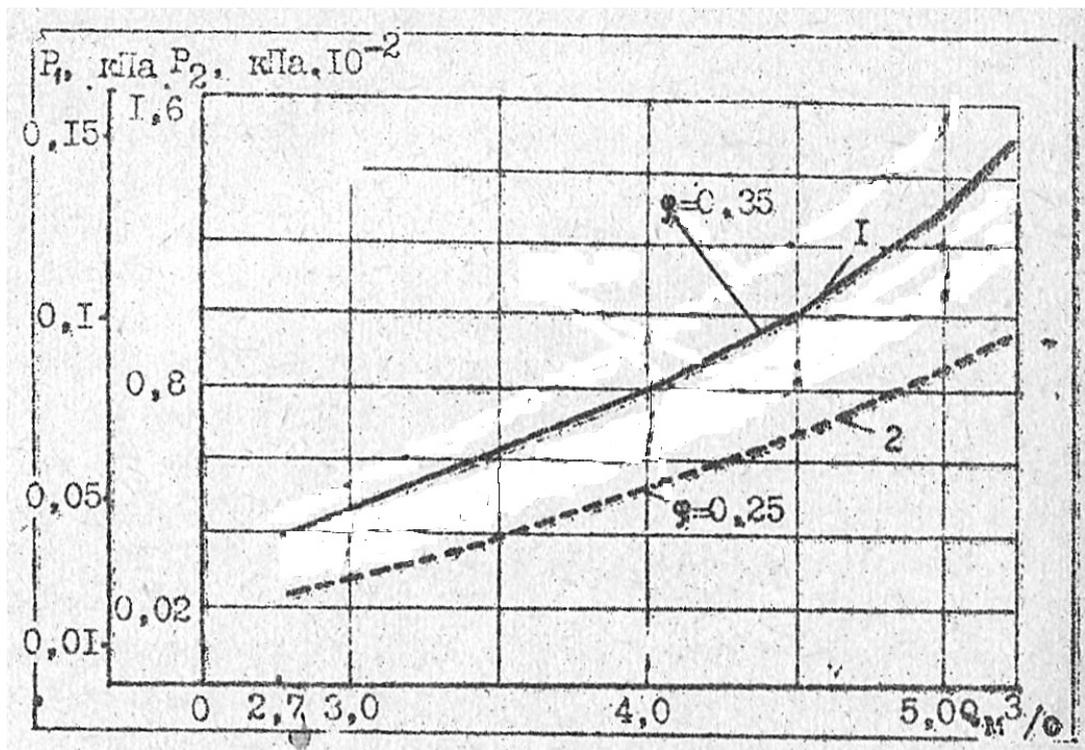


Рис. 3.3.3. Влияние объемов аспирационного воздуха на гидравлическое сопротивление перегородок: 1 – двойная перегородка.

Увеличение температуры аспирационного воздуха со 100 до 180°C вызывает снижение гидравлического сопротивления мельницы на 26-35%. Причем двойная механическая перегородка, вследствие наличия второго перфорированного элемента, а также загрузочная и разгрузочная часть мельницы существенно не изменяют своего гидравлического сопротивления (с увеличением температуры аспирационного воздуха оно уменьшается на 5-8%).

Наибольшее влияние на гидравлическое сопротивление мельницы при постоянных конструктивных параметрах и технологических режимах работы оказывает объем просасываемых аспирационных газов. Установлено, что при $\delta=0,15$, $\varphi=0,29$ и $t=100^\circ C$ с увеличением объема аспирационного воздуха, проходящего через мельницу с 2,7 до 5,4 m^3/s , гидравлическое сопротивление двойной междукамерной перегородки и выходной решетки составляет с 90 до 340 Па. При увеличении живого сечения междукамерных перегородок до 0,25 и том же изменении объемов аспирационных газов

сопротивление двойной перегородки возрастает – с 290 до 870 Па. При меньшем живом сечении перегородок с увеличением объемов аспирационных газов их сопротивление возрастает с 180 до 590 Па ($\delta=0,05$, $\varphi=0,33$). При этом суммарное гидравлическое сопротивление мельницы возрастает со 180 до 1000 Па.

Проведенные расчеты показали, что гидравлическое сопротивление загрузочной точки составляет 5% общего сопротивления мельницы, 4,2% загрузочной части, 70% двойной междукамерной перегородки, и выходной решетки, 0,1% барабана мельницы, 8,8% разгрузочной части. Расчетами показано, что на величину гидравлического сопротивления трубной шаровой мельницы существенное влияние оказывают не только конструктивные, параметры внутримельничных устройств, но также режим работы загрузки, мелющие тела и материал, физико-механические свойства измельчаемого материала, температурно-влажностные условия процесса, измельчения. За счет увеличения температуры в аспирационной системе с 100°C до 180°C вызывает снижение гидравлического сопротивления мельницы на 26-35% и повышает эффективность процесса измельчения. Рассмотренная методика расчета гидравлических сопротивлений элементов барабана мельницы и внутримельничных устройств, позволяет определить величину потери напора уже на стадии проектирования, либо при реконструкции, когда изменяются элементы конструкции внутримельничных устройств, что позволит в свою очередь проверить соответствие вентилятора требуемому аспирационному режиму работы мельницы.

Выводы

Таким образом, конструкция трубной цементной мельницы с классифицирующим разгрузочным устройством позволяет повысить производительность мельницы и снизить удельный расход электроэнергии на процесс измельчения материала за счет качественного выделения в классифицирующем разгрузочном устройстве из мелкофракционного материала тонкодисперсного материала в поток аспирационного воздуха, транспортирующего его из мельницы..

Расчетами показано, что на величину гидравлического сопротивления трубной шаровой мельницы существенное влияние оказывают не только конструктивные, параметры внутримельничных устройств, но также режим работы загрузки, мелющие тела и материал, физико-механические свойства измельчаемого материала, температурно-влажностные условия процесса, измельчения. За счет увеличения температуры в аспирационной системе с 100°C до 180°C вызывает снижение гидравлического сопротивления мельницы на 26-35% и повышает эффективность процесса измельчения. Рассмотренная методика расчета гидравлических сопротивлений элементов барабана мельницы и внутримельничных устройств, позволяет определить величину потери напора уже на стадии проектирования, либо при реконструкции, когда изменяются элементы конструкции внутримельничных устройств, что позволит в свою очередь проверить соответствие вентилятора требуемому аспирационному режиму работы мельницы.

ГЛАВА IV. ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ПОМОЛА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА В ТРУБНЫХ МЕЛЬНИЦАХ, РАБОТАЮЩИХ ПО ЗАМКНУТОМУ ЦИКЛУ

4.1. Влияние интенсификаторов помола на свойства портландцементов

Для исследования влияния технологических добавок на кинетику помола, процессы гидратации и структурообразование цементного камня были выбраны клинкера действующих предприятий, отличающиеся по минералогическому составу (таблица 4.1.1).

Таблица 4.1.1

Минералогический состав клинкера

Наименование предприятий	Содержание минералов, масс.%,			Средний размер зерен, мкм		КН
	C_3S	C_2S	П.В.	алита	белита	
АО«Ахангаранцемент»	64,0	18,0	18,5	16,1	23,3	0,91
АО«Бекабадцемент»	65,3	10,8	19,6	19,5	24,3	0,91
АО«Кувасайцемент»	57,5	19,1	18,2	13,7	20,0	0,95

Фактический минералогический состав клинкеров и размеры клинкерных зерен были определены петрографическим методом на установке «Анализатор Клинкер С7» (таблица 4.1.2).

Таблица 4.1.2

Фактический минералогический состав клинкера

Наименование предприятий	Содержание минералов масс.%			Средний размер зерен, мкм		КН
	C_3S	C_2S	П. И	алита	белита	
АО «Ахангаранцемент»	64,0	18,0	18,5	16,1	23,	0,91
АО «Бекабадцемент»	65,3	10,8	19,6	19,5	24,3	0,91

АО «Кувасайцемент»	57,5	19,1	18,2	13,7	20,0	0,95
--------------------	------	------	------	------	------	------

Исследования кинетики помола цементов проводили в лабораторной барабанной мельнице объемом 4 л. Соотношение измельчаемого материала и керамических мелющих тел диаметром от 15 до 32 мм составляло 1:3. Количество вводимого интенсификатора принимали равным 0,06 мл.

Остаток на сите № 008 определяли на комплекте вибросит, удельную поверхность – на приборе ПСХ. Физико-механические испытания выполняли на малых образцах размерами 20x20x20 мм из цементного теста в 2-, 7- и 28-суточном возрасте. Хранение образцов осуществлялось в водных условиях при температуре (20±2) 0С.

Образцы изготавливали сериями из 6 образцов при В/Ц = 25. Рентгенофазовый анализ продуктов гидратации выполнен на дифрактометрах ДРОН-4-07.

Исследования микроструктуры затвердевших образцов и цементного теста осуществляли с помощью сканирующего электронного микроскопа высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU, включающего энергодисперсионный спектрометр (ЭДС) X-MAX 50 Oxford Instruments Nano Analysis для электронно-зондового микроанализа.

В процессе исследования в качестве технологических добавок используют различные композиции, мы привели 14 композиций из ПАВ и модифицирующих добавок, представляющих все группы разработанной классификации. В целях сохранения коммерческой информации о составе добавок им были присвоены следующие индексы

В качестве компонентов использовали: «А» – соединения группы аминов; «В» – соединения группы гликолей; «С» – органические кислоты; «D и E» – модификаторы органической и неорганической природы.

Для сравнения в качестве контрольных составов применяют традиционно используемый в качестве интенсификатора. триэтаноламин (ТЭА).

Таблица 4.1.3

Индексы составов интенсификаторов помола

Группы добавок	Индекс состава	Компоненты, масс. %				
		амины	глюкоза	органические кислоты	модификаторы	
		А	В	С	Д	Е
1	А	100				
	В		100			
	С			100		
2	AR20-30	20	50	10		
	AR10-20	30	50	10		
	AR40-10	40	50	10		
	AR50-5	50	45	5		
3	AB 1	30	30	20	20	
	AB1-20	30	30	20		20
	AB 1-45	30	30	20	10	10
4	A40-10	50				
	A10-40	50				
	B40-10		50		40	10
	B10-40		50		10	40

Нами в лабораторных условиях была приготовлена модифицированная добавка из ПАВ и моноэтаноламина с соотношением 1:10 смеси ТЭА и ПАВ.

По своим физико-химическим свойствам для модификации в качестве интенсификатора помола самым благоприятным отмечен НА – анионно-активный ПАВ, в качестве модификатора использовался технический

моноэтаноламин. Интенсифицирующее действие полученной добавки было проверено при измельчении клинкера в лабораторной мельнице по методике Гипроцемента. Анализ полученных результатов показал, что оптимальным является применение модифицированной добавки в соотношении 1:10 в количестве 0,02-0,04% к весу клинкера в расчете на сухое вещество

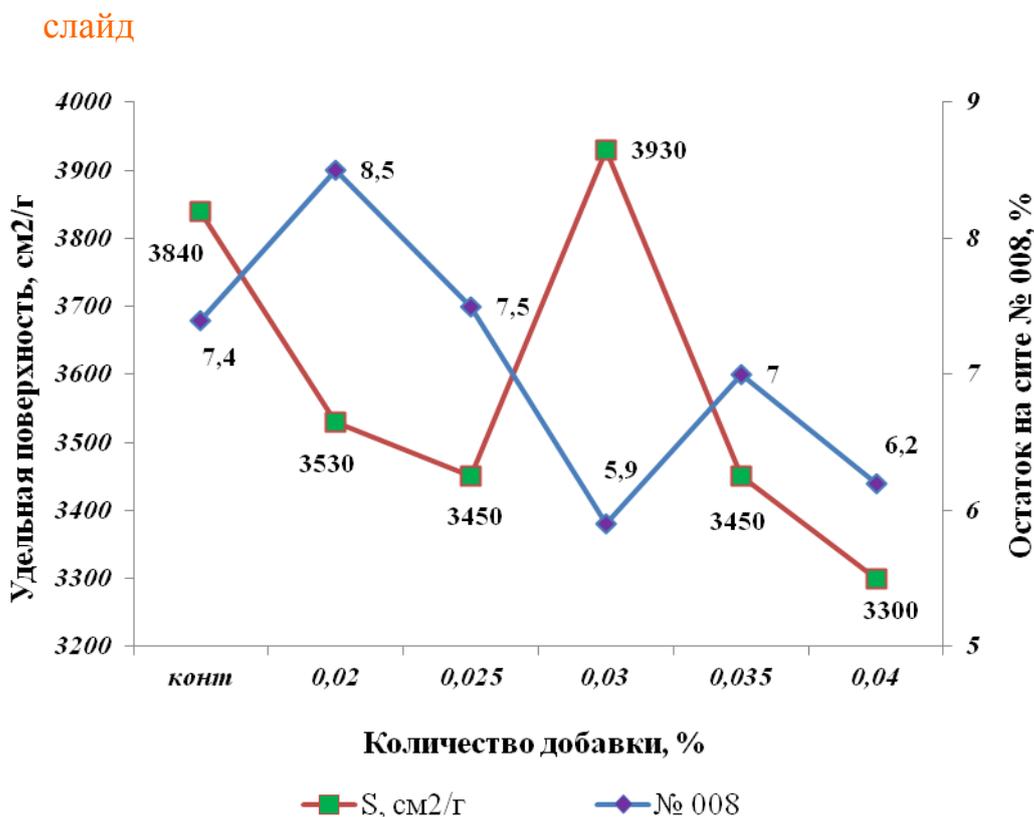


Рис. 4.1.1. Влияние количества ПАВ на показатели тонкости помола портландцементного клинкера.

Основные физико-механические свойства цементов представлены в рис. 4.1.1. Применение модифицирующих добавок оказывает максимальный прирост прочности цементов по сравнению с бездобавочным цементом и добавкой ТЭА. В среднем модифицирующие добавки обеспечивают прирост прочности для всех цементов от 10 до 50 %, при этом также увеличивается значение удельной поверхности. Данное явление свидетельствует о суммирующем действии добавок как модифицирующем, так и интенсифицирующем эффекте в совокупности.

Таблица 4.1.4

Физико-механические характеристики цементов

Вид цемента	Наименование показателей	Размерность м ³ /кг	Вид добавки		
			НА 1:10- 10	ТЭА	контрольное
АО «Ахангарацемент»	Удельная поверхность, S		345	338	332
			Прочность на сжатие в возрасте	МПа	345
	2 сут.	Рсж.	31,2	33,5	31,4
	7 сут.	Рсж.	34,1	38,8	37,8
	28 сут.	Рсж.	54,6	53,0	51,4
АО «Бекабадцемент»	Удельная поверхность S	м ³ /кг	340	342	325
			Прочность на сжатие в сутки,	МПа	
	2 сут.	Рсж.	40,8	38,4	28
	7 сут.	Рсж.	54,7	40,3	44
	28 сут.	Рсж.	92,5	68,4	63
АО «Кувасайцемент»	Удельная поверхность S	м ² /кг	340	327	325
			Прочность на сжатие в сутки	МПа	
	2 сут.	Рсж.	38	30	31,5
	7 сут.	Рсж.	52	42,4	44,8
	28 сут.	Рсж.	62	62,7	64,8

Из результатов определения консистенции цементного раствора с добавкой и без добавки наибольший пластифицирующий эффект достигнут при содержании добавки 0,03% от массы цемента. Расплыв конуса из цементно-песчаной смеси составляет 110 мм против 108мм, что позволит сократить объем воды затворения и повысить прочность растворных образцов.

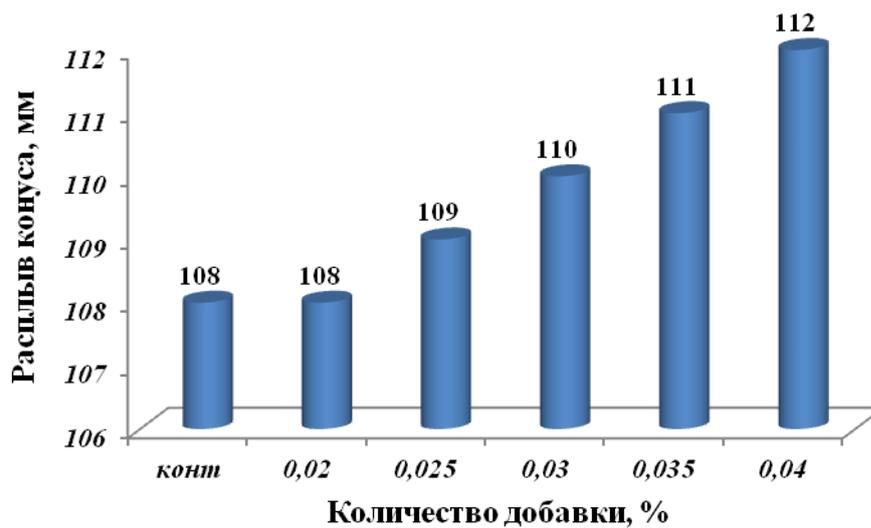


Рис. 4.1.2. Влияние количества добавки на консистенцию цементного раствора

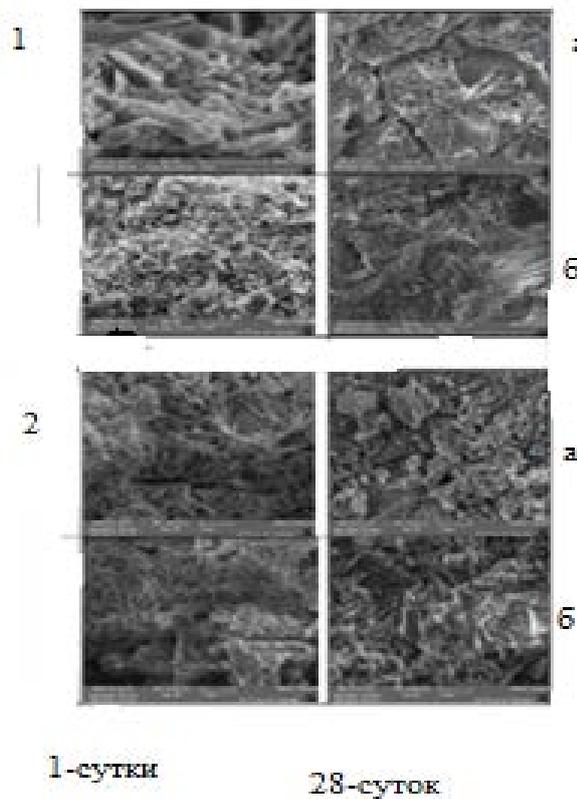


Рис. 4.1.3. Микроструктура скола твердевших в разное время цементных образцов.

- 1)АО «Ахангаранцемент»: а) без добавки б) с добавкой
- 2)АО «Бекабадцемент» : а) без добавки б) с добавкой

Микроструктура скола твердевших в разное время цементных образцов представлена на рисунке 14. Исследования поверхностей скола

затвердевших вяжущих композиций при помощи электронной микроскопии позволили выявить различия в строении микроструктуры без добавочного цемента и цемента с комплексной модифицирующей добавкой. В отличие от контрольного цемента, образцы на основе цемента с добавкой обладают более плотной монолитной упорядоченной структурой, образовавшейся за счет переплетения большего объема гидросиликатов кальция между соседними зёрнами алита, образующих плотные кристаллические сростки в поровых пространствах. Также упрочняют структуру кристаллы портландита, которые заполняют пустые участки между сросшимися гидросиликатами кальция.

При работе с добавкой на мельнице замкнутого цикла удалось достичь повышения производительности на 12-15% без изменений характеристик цемента. В отношении модифицирующей составляющей добавок установлено, что наибольшее действие на низко- и среднеалюминатные цементы оказывают органические модификаторы, а на высокоалюминатные – неорганические..

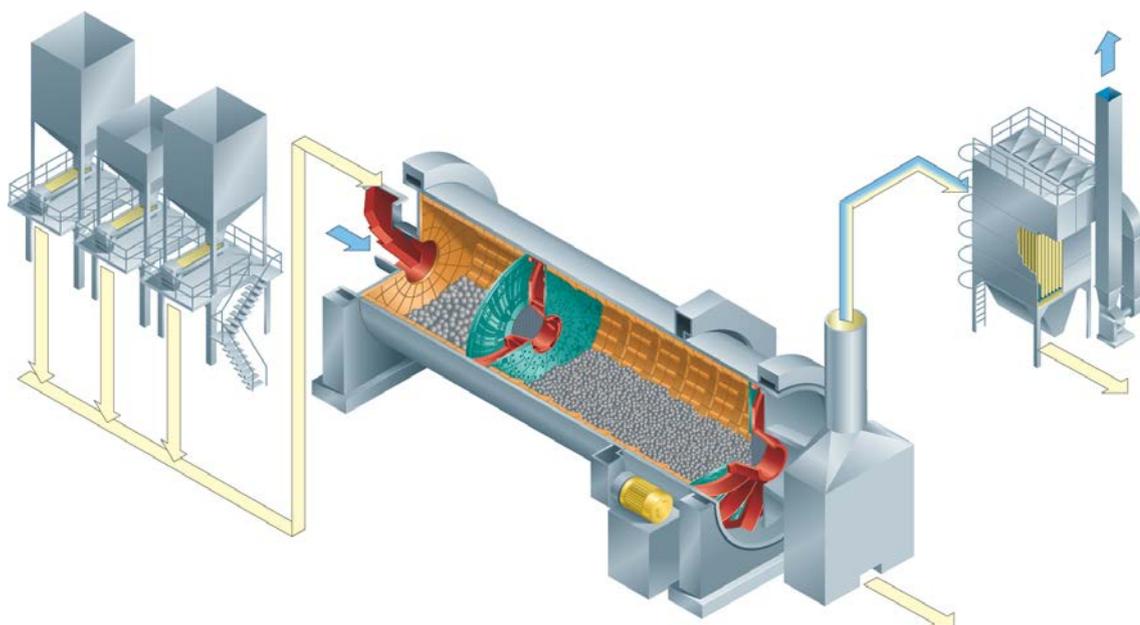
Выводы

Применение модифицирующих добавок оказывает максимальный прирост прочности цементов по сравнению с бездобавочными цементами и с добавкой триэтанонамина. В среднем модифицирующие добавки обеспечивают прирост прочности для всех цементов от 10 до 50 %, при этом также увеличивается значение удельной поверхности.

Образцы на основе цемента с добавкой обладают более плотной монолитной упорядоченной структурой, образовавшейся за счет переплетения большего объема гидросиликатов кальция между соседними зёрнами алита, образующих плотные кристаллические сростки в поровых пространствах, также упрочняют структуру кристаллов портландита, которые заполняют пустые участки между сросшимися гидросиликатами кальция.

4.2. Технологическая схема помола портландцементного клинкера по замкнутому способу производства.

Шаровые мельницы в открытом / замкнутом цикле с промышленным стандартом, эксплуатировалась в открытом цикле для помола в замкнутом цикле; Улучшения на протяжении многих лет привели к созданию высоконадежных и гибких установок, с простым и недорогим техобслуживанием; Запчасти с относительно коротким сроком доставки и низкими складскими расходами Хорошее качество цемента, что может дать преимущество по сравнению с цементом из вертикальных мельниц на некоторых рынках; Более высокое энергопотребление по сравнению с вертикальными мельницами и роллер-прессами.



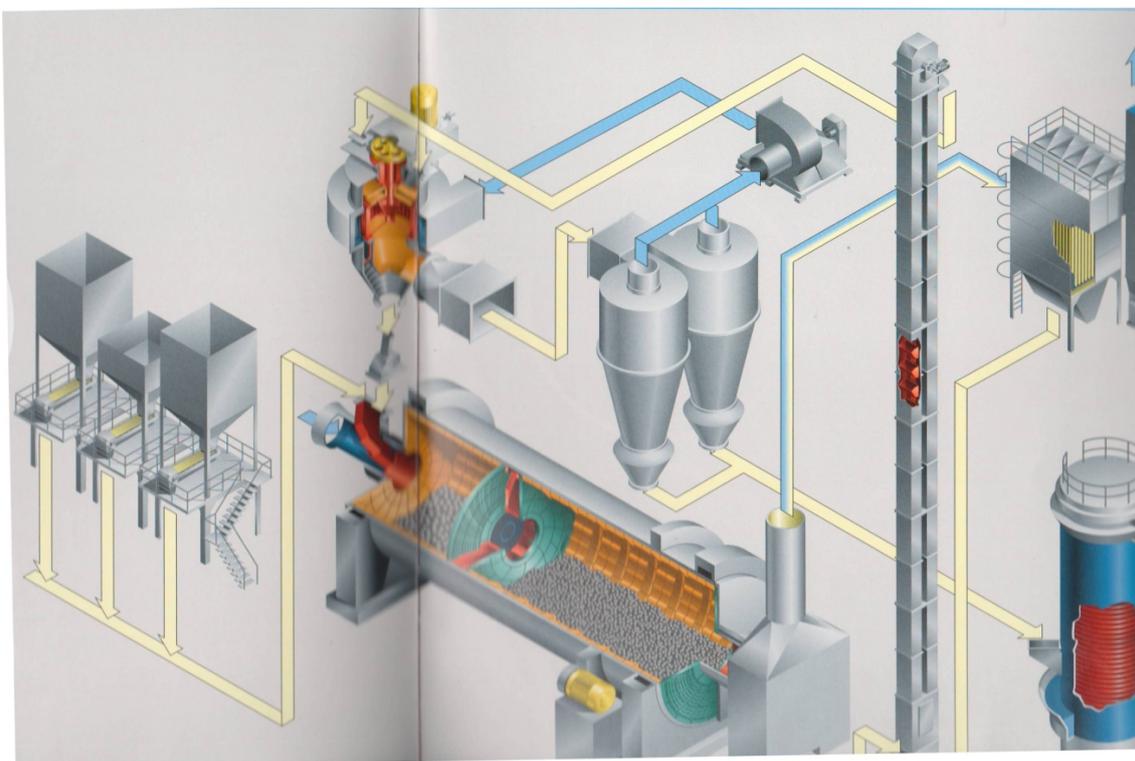


Рис.4.2.1. Технологическая схема получения цемента по замкнутому циклу помола

Получила признание в 80-х, особенно на Дальнем Востоке, как способ увеличения производительности для удовлетворения растущего спроса на цемент. Роллер-пресс чувствителен к чужеродным материалам и изменению в подаче, имеет более низкую надежность из-за большей сложности, требует более высокой квалификации при техобслуживании и общий коэффициент готовности оборудования. Энергосбережение минимально и порой даже отрицательно в связи со сложной эксплуатацией и низким коэффициентом эксплуатационной готовности; Сроки поставки роллеров обычно достаточно долгие и высокая стоимость складирования.

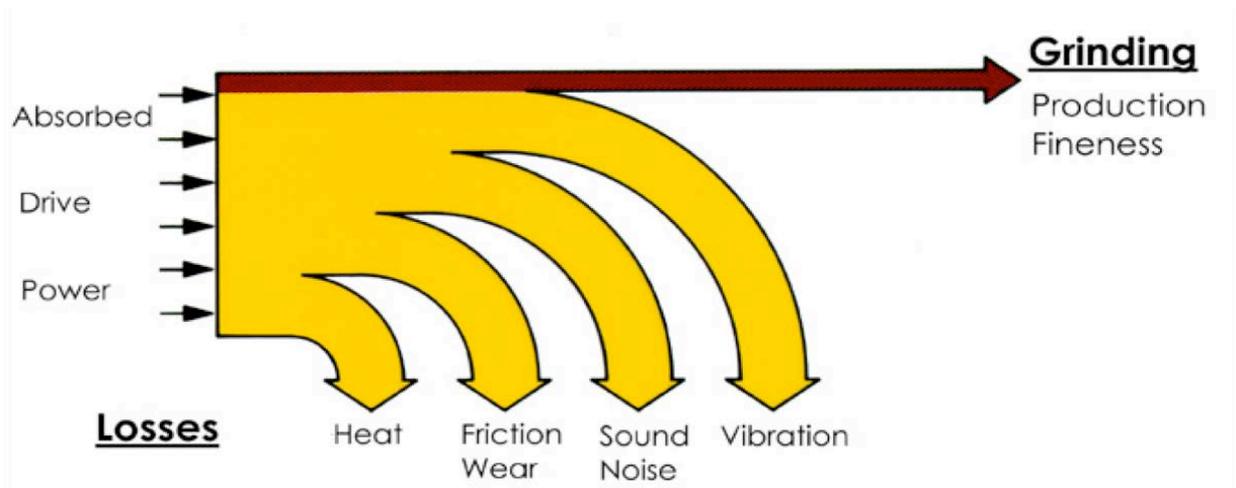


Рис. 4.2.2- Факторы, влияющие на эффективность шаровых мельниц

< 20% потребленной энергии конвертируется в помол. основная часть теряется в виде тепла, шума, износа оборудования от трения и вибрации; Для шаровых мельниц, только 3 - 6% потребленной энергии используется на производство, генерируемое тепло может повысить температуру мельницы до >120° С, что ведет к дегидратации гипса и налипанию на шары и оснастку, если вентиляция мельницы недостаточна.60

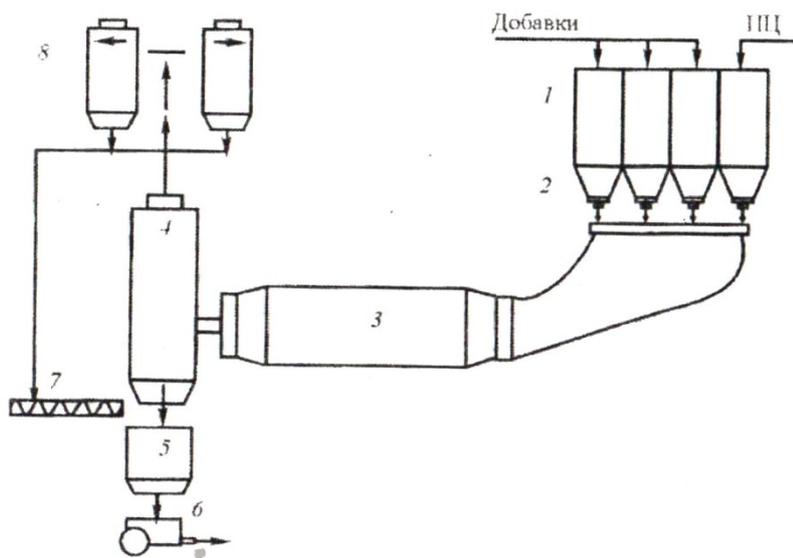


Рис.4.2.3.Технологическая схема получения портландцемента на Янгиюльской помольной станции: 1-расходные бункера; 2-тарельчатый питатель; 3-мельница; 4-аспирационная шахта; 5-расходный бункер ПАВ; 6-пневмовинтовой насос; 7-шнековый питатель; 8-циклон.

ВЫВОДЫ

Технологическая схема получения цемента по замкнутому циклу помола клинкера является универсальной и эксплуатационно гибкой, отличается низкими эксплуатационными расходами, а также низкими расходами на техническое обслуживание

Для решения в пользу новой цементной мельницы следует учитывать не только энергопотребление, но и другие факторы, такие, как инвестиции, надежность оборудования, требования к техническому обслуживанию, эксплуатационной готовности, оперативной гибкости, качества цемента и т.д., чтобы получить сопоставимые данные по совокупной стоимости владения;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что конструкция трубной цементной мельницы с классифицирующим разгрузочным устройством позволяет повысить производительность мельницы и снизить удельный расход электроэнергии на процесс измельчения материала за счет качественного выделения в классифицирующем разгрузочном устройстве из мелкофракционного материала тонкодисперсного материала в поток аспирационного воздуха, транспортирующего его из мельницы..

2. Расчетами показано, что на величину гидравлического сопротивления трубной шаровой мельницы существенное влияние оказывают не только конструктивные, параметры внутримельничных устройств, но также режим работы загрузки, мелющие тела и материал, физико-механические свойства измельчаемого материала, температурно-влажностные условия процесса, измельчения. За счет увеличения температуры в аспирационной системе с 100°C до 180°C вызывает снижение гидравлического сопротивления мельницы на 26-35% и повышает эффективность процесса измельчения

3. Рассмотренная методика расчета гидравлических сопротивлений элементов барабана мельницы и внутримельничных устройств, позволяет определить величину потери напора уже на стадии проектирования, либо при реконструкции, когда изменяются элементы конструкции внутримельничных устройств, что позволит в свою очередь проверить соответствие вентилятора требуемому аспирационному режиму работы мельницы.

4. Установлено, что применение модифицирующих добавок оказывает максимальный прирост прочности цементов по сравнению с бездобавочными цементами и с добавкой триэтанолamina. В среднем модифицирующие добавки обеспечивают прирост прочности для всех цементов от 10 до 50 %, при этом также увеличивается значение удельной поверхности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цементная промышленность и рынок. XII Международная Центрально-Азиатская конференция и выставка. Business Cem Tashkent 2015. С.32-37.
2. Цементная промышленность и рынок. XII Международная Центрально-Азиатская конференция и выставка. Business Cem Tashkent 2015С. 30-31.
3. Цементная промышленность и рынок. XII Международная Центрально-Азиатская конференция и выставка. Business Cem Tashkent 2015С. 22-23
4. Валеева М.Ф., Щелокова Л.С. Современные помольные установки цементной промышленности // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 1.;URL: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=14318> (дата обращения: 21.09.2016)
5. Богданов В. С., Пироцкий В. З. Перспективы развития помольного оборудования. Международная конференция. "Пром-стройматер. и стройиндустрия, энерго- и ресурсосбережение в условиях рыночных отношений" (14 Науч. чтения), Белгород, [1997], 1997, с.75-82
6. Богданов В.С., Шарапов Р.Р., Трондин А.Н. Повышение эффективности работы мельниц замкнутого цикла измельчения. Международная конференция "Промышленность стройматериалов и стройиндустрия, энерго- и ресурсосбережение в условиях рыночных отношений" (14 Науч. чтения), Белгород, [1997], 1997, с.157-161, 327, 347
7. Reichardt Y., Link G., Gilabert H. Тонкий помол цемента в валковой мельнице MPS на цементном заводе в г. Сан-Рафаель в Эквадоре Zementfertigmahlung auf einer MPS-Walzenschusselmuhle im Zementwerk San Rafael/Ecuador Zement-Kalk-Gips int. N 11, 2002, т.55, стр.54-57.

8. Богданов В.С., Фадин Ю.М., Латышев С.С., Хлудеев В.И., Гунько А.И., Неростенко В.З. Повышение эффективности работы трубных мельниц открытого цикла измельчения Цемент и его применение N 1, 2005, стр.49-53
9. Пироцкий В. З. Энергетическая эффективность и перспективы развития технологии измельчения цемента. II-е Международное совещание по химии и технологии цемента, Москва, 4-8 дек., 2000, стр.147-157
10. Солодовников Д. Н., Сабынин В. В., Ханин С. И. Особенности грубого помола цементного клинкера в трубной мельнице Международный студенческий форум "Образование, наука, производство", Белгород, 22-24 мая, 2002, 2002, стр.62.
11. Sankar K., Kale P., Somani R. A., Somani R. Прямое управление и оптимизации процесса помола в шаровых мельницах Online-Steuerung und Optimierung des Mahlvorgangs in Kugelmuhlen Zement-Kalk-Gips int. N 11, 2002, т.55, стр.92-99.
12. Иванов А. Н. Оригинальное заглавие: Энергосберегающая технология и техника помола цемента. Вестник. БГТУ N 6, 2003, стр.310-312, 454.
13. Вердиян М. А., Текучева Е. В., Тынников И. М., Несмеянов Н. П., Ведрицкий В. В., Попова Т. Н., Слободенюк Ю. Р. Стабилизация качества цемента на основе дискретно-непрерывных процессов измельчения. Вестник. БГТУ N 5, 2003, стр.56-62, 468.
14. Unland G. Оценка размалываемости цементного клинкера. Часть 1 Diebeurteilungdermahlbarkeitvon zement klinker Zement-Kalk-Gipsint. N 2, 2001, т.54, с.61-65.
- 15.UnlandG.Оценка размалываемости цементного клинкера. Часть 1 Die beurteilung der mahlbarkeit von zementklinkerZement-Kalk-Gips int. N 2, 2001, т.54, стр.61-65.
- 16.SottiliL., PadovaniD. Влияние добавок, вводимых при помоле, в цементной промышленности. Ч. Einfluss von Mahlhilfsmitteln in der Zementindustrie Zement-Kalk-Gips int. N 3, 2001, т.54, стр.146-148, 150-151.

17. Разработка энергосберегающей технологии помола цемента Zhon
Збуофентижшу N 5, 2000, т.6, стр.49-52

18. Несмеянов Н. П., Харин А. И. Оригинальное заглавие:
Интенсификация процесса измельчения клинкера в шаровых трубных
мельницах Вестн. БГТУ N 6, 2003, стр.330-333, 455.

19. Демидов Д., Сивков С. П. Оригинальное заглавие: Физико-
химическая интенсификация процесса помола цементов
Успехи в химии и химической технологии, 2000, стр.83.

20. Morales E. I. Q., Schafer H.-U. Опыт использования самой большой в
мире мельницы Loesche для помола цемента Betriebserfahrungen mit der
gegenwartig gro SSten Loesche-Muhle fur die Zementherstellung Zement-Kalk-
Gips int. N 9, 2001, т.54, стр.498-500, 503-505.

21. Измерение тонины помола цемента в процессе помола
Online-Feinheitsmessung fur die Zementmahlung Zement-Kalk-Gips int. N 1,
2002, т.55, стр.25-26.

22. Метод измельчения клинкера и устройство для его проведения
Verfahren zum Zerkleinern von Klinker sowie Vorrichtung zur Durchfuhrung
dieses Verfahrens. №1, .2001, т.54, с.43-47.

23. Оптимизация помольной установки для увеличения тонкости помола
цемента: Optimierung einer Mahlanlage zur Erzielung hoher Zementfeinheiten. Zement-
Kalk-Gips int. N 3, 2001, т.54, с.А40-А41

24. Оптимизация помольной установки для увеличения тонкости помола
цемента Оригинальное заглавие: Optimierung einer Mahlanlage zur Erzielung
hoher Zementfeinheiten Zement-Kalk-Gips int. N 3, 2001, т.54, стр.А40-А41.

25. Muller-Pfeiffer M., Ellerbrock H.-G., Sprung S
Управление гранулометрическим составом цемента при помоле
Beeinflussung der Korngrößenverteilung von Zement beim Mahlen
Zement-Kalk-Gips int. N 10, 2000, т.53, с.549-559.

26. Lynch A. J., Oner M., Benzer H. Моделирование кругооборота материала
в цементных помольных установках замкнутого цикла

Simulation eines geschlossenen Zementmahlkreislaufs Zement-Kalk-Gips int. N 10, 2000, т.53, с.560-567.

27 La Fouchardiere R. Опыт эксплуатации цементной мельницы Horomill Оригинальное заглавие: Betriebserfahrungen mit der Horomill für die Zementmahlung Источник: Zement-Kalk-Gips int. N 3, 2003, т.56, стр.44-49

28. Шевченко А. Ф., Захарова Л. В., Аджамалов Г. Г., Ефимов А. А., Яковенко А. Е., Дудко С. Н. Оптимизация работы трубных шаровых мельниц при помоле портландцементов различных марок Вопросы. химии и хим. технологии. N 4, 2004, стр.59-60, 235, 242

29. Заявка: 2006129391/03, 14.08.2006 Дата начала отсчета срока действия патента: 14.08.2006 Опубликовано: 27.03.2008 Бюллетень. № 9 Автор(ы): Шарапов Рашид Ризаевич (RU), Ханин Сергей Иванович (RU), Гунько Игорь Иванович (RU) Патентообладатель(и) Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова) (RU). Шаровая мельница замкнутого цикла.

30. Заявка: 2011105550/13, 14.02.2011. Дата подачи заявки: 14.02.2011 Опубликовано: 20.05.2012 Бюл. № 14 Автор(ы): Богданов Василий Степанович (RU), Потапов Федор Петрович (RU). Патентообладатель (и): Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова" (RU). Способ тонкого измельчения материала, преимущественно цементного клинкера, в шаровой барабанной мельнице

31. Muller-Pfeiffer H., Clemens P. Сопоставление различных систем помола цемента и влияния мелющей среды на завершающий домол цемента в шаровой мельнице Comparison of grinding systems for cement production and examination of the charge grading in downstream ball mills Cement Int. N 2, 2004, т.2, стр.58-67

32. Stoiber Технология измельчения и энергосбережение. Часть Comminution technology and energy consumption Cement Int. N 2, 2003, т.1, стр.44-52.

33. www.energo-mash.com.

34. Sottili L., Padovani D. Использование добавок-интенсификаторов помола в цементной промышленности. Ч. 1 Einfluss von MEahlhilfsmitteln in der Zementindustrie Zement-Kalk-Gips int. N 10, 2000, т.53, стр.568-570, 572-575.

35. Добавки [интенсификаторы помола] при производстве гидравлических вяжущих Processing additives for hydraulic cements.

36.. Muller-Pfeiffer M., Ellerbrock H.-G., Sprung S. Управление гранулометрическим составом цемента при помоле Korngrößenverteilung von Zement beim Mahlen Zement-Kalk-Gips int. N 10, 2000, т.53, стр.549-559.

37. Вовк А.И. Новая добавка для помола цемента Международное совещание по химии и технологии цемента, Москва, 4-8 дек., 2000, 2000, стр.284

38. Jinag Chaohua, Cai Anlan, Yan Sheng, Xu Zhongzi, [Wu Xuequan] Изучение высокоэффективных добавок-интенсификаторов помола Guisuan yuan хуэбао N 6, 2001, т.29, стр.507-511.

39. Elwan M.M., Mahmoud G.A., El-Didamony H. Влияние некоторых интенсификаторов помола на измельчение портландцемента Effect of some grinding aids on the grindability of portland cement Источник: Silicat. ind. N 11-12, 2002, т.67, стр.141-143. .

40. Lefebvre F., Bessaad H. [Использование новой добавки-интенсификатора помола на цементном заводе в Тунисе] Improving performance Int. Cem. Rev. July, 2000, стр.39-40.

41. Lefebvre F., Bessaad H. Использование новой добавки-интенсификатора помола на цементном заводе в Тунисе Improving performance Cem. Rev. July, 2000, стр.39-40.

42. Sottili L., Padovani D. Использование добавок-интенсификаторов помола в цементной промышленности. Ч. 1 Einfluss von MEahlhilfsmitteln in der Zementindustrie. Zement-Kalk-Gips int. N 10, 2000, т.53, стр.568-570, 572-575.

43. Шахова, Л.Д. Классификации технологических добавок при помоле цемента / Л.Д. Шахова, Р.А. Черкасов, Н.М. Березина, Д.Б. Манелюк / Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12, часть 2. – С. 295–299.

44. Shakhova, L.D. Intensification of Cement Grinding with Apply Grinding Aids with Modify Effect / L.D. Shakhova, I.G. Luginina, R.A. Cherkasov // Modern Applied Science. – 8 (6). – 2014. – P. 296–305.

45. «Строительная логика» сотрудники МП «ТЕХПРИБОР» Векслер М.В., Коренюгина Н.В., Липилин А.Б.-2013.56-80

46. manager@tpribor.ru

47. Крыхтин Г.С. Влияние вентиляции на основные показатели работы трубных цементных мельниц. – В кн.: Научн. тр./НИИцемент, 1966, вып.12.

48. Добавки [интенсификаторы помола] при производстве гидравлических вяжущих Processing additives for hydraulic cements.

49. Вовк А. И. Новая добавка для помола цемента. II-е Международное совещание по химии и технологии цемента, Москва, 4-8 дек., 2000, с.284

50. Jiang Chao-hua, Yan Sheng Многофункциональная комплексная добавка для повышения эффективности помола цемента Hehaidaxue xuebao. Ziran kexue ban N 4, 2003, т.31, стр.428-431

51. Lu Difen, Tao Longzhong, Li Ning, Hu Haipeng Характеристики помола многокомпонентных материалов на основе цемента. Grinding characteristics of multi-component cement-based material J. Wuhan Univ. Technol. Mater. Sci. Ed. N 1, 2005, т.20, стр.126-129

52. Ивахненко Д. И., Порхало Д. А. Влияние минеральных добавок и удельной поверхности на прочностные показатели вяжущих веществ. Международный конгресс "Современные технологии в промышленности

строительных материалов и стройиндустрии", посвященный 150-летию со дня рождения академика В. Г. Шухова, Белгород, 2003, 2003, стр.67-69

53. Jinag Chaohua, CaiAnlan, YanSheng, XuZhongzi, [WuXuequan] Изучение высокоэффективных добавок-интенсификаторов помола Guisuan yuanxuebao N 6, 2001, т.29, с.507-511.

54. 10-ый европейский симпозиум по измельчению 10th European symposium of comminution Zement-Kalk-Gips int. N 10, 2002, т.55, стр.20, 22.

55. Глухарев Н. Ф. Энергосбережение в производстве цемента с использованием устройств "ЭКОФОР" Цемент N 1, 2002, стр.19-21, 55

56. Ханина О. С., Идак В. В., Ханин С. И., Чемеричко Г. И. Оригинальное заглавие: Способы повышения эффективности работы трубных мельниц Международный студенческий форум "Образование, наука, производство", Белгород, 22-24 мая, 2002, стр.67.

57 Muller-Pfeiffer H., Clemens P. Сопоставление различных систем помола цемента и влияния мелющей среды на завершающий домол цемента в шаровой мельнице Comparison of grinding systems for cement production and examination of the charge grading in downstream ball mills Cement Int. N 2, 2004, т.2, стр.58-67.

58. Deniz V. Исследование удельной степени змельчения цементных материалов в лабораторной шаровой мельнице A study on the specific rate of breakage of cement material in a laboratory ball mill Cem. and Concr. Res. N 3, 2003, т.33, стр.439-445

59.. Крыхтин Г. С., Кузнецов Л.Н. Интенсификация работы мельниц Новосибирск «Наука» 1993.

60. Шахова, Л.Д. Интенсификация процесса измельчения клинкера с применением интенсификаторов помола / Л.Д. Шахова, Р.А. Черкасов // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. – 2014. – № 3. – С. 124–127.

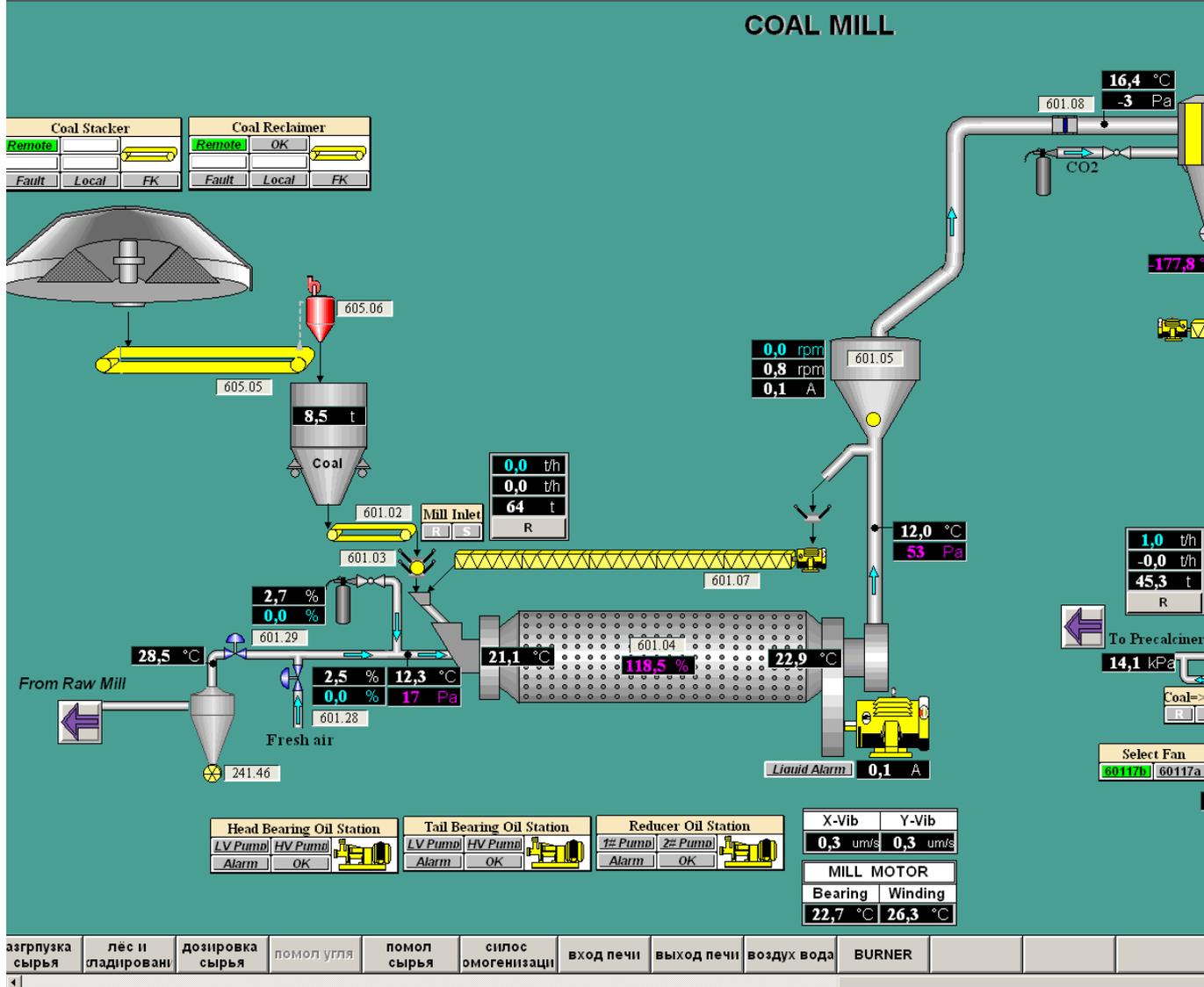
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Усманов С., Мухамедбаева З.А. Влияние конструкции аспирационных устройств на улучшение размола клинкера в цементной мельнице. Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук. Республиканский межвузовский сборник. Часть 1. Ташкент -2016. 136-137.

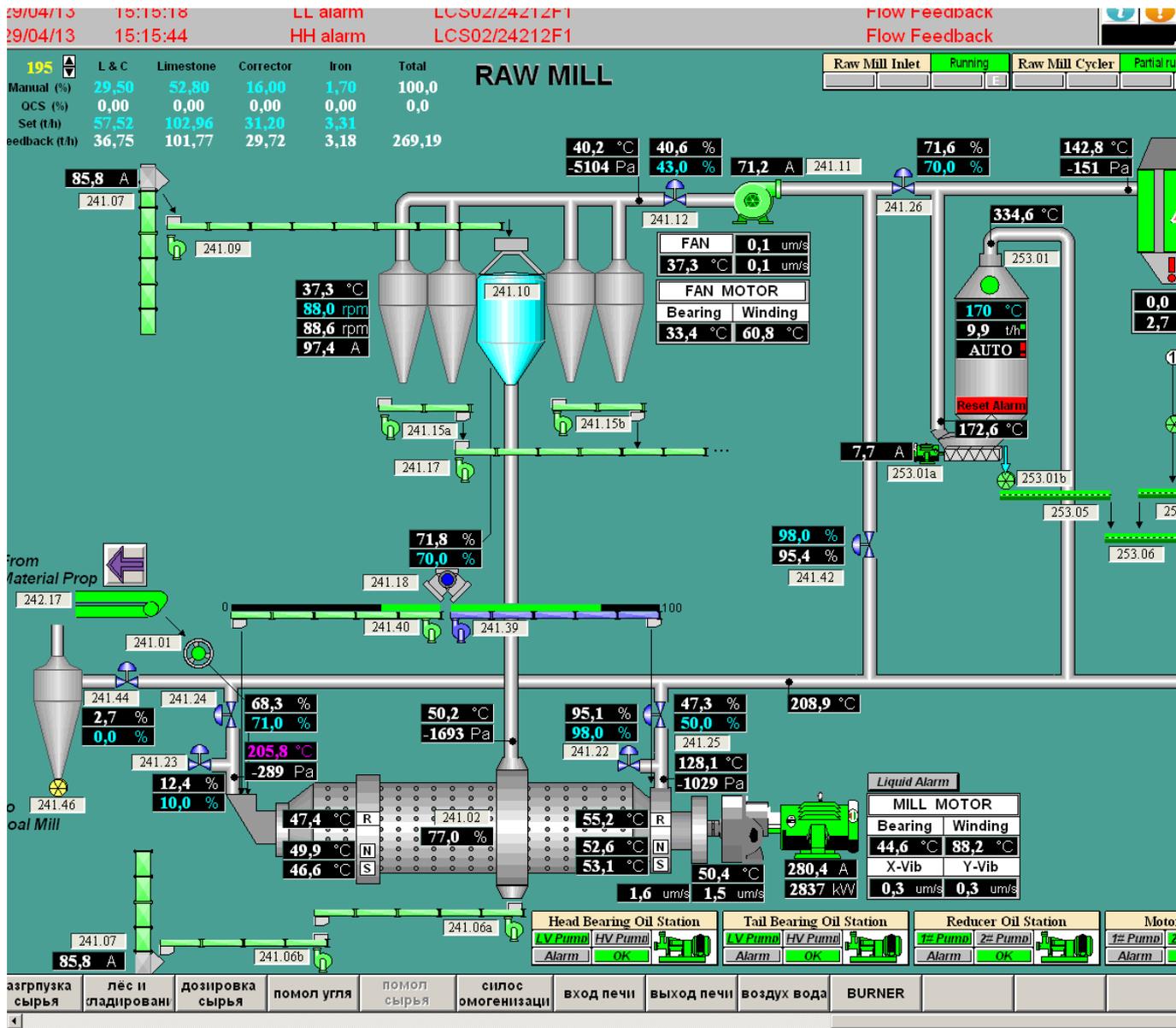
2. С. Усманов, З.А. Мухамедбаева. Повышение эффективности измельчения портландцементного клинкера. «Перспективы развития композиционных и нанокomпозиционных материалов» Республиканская научно-техническая конференция. ГУП. «Фан ва Тараккиет» Ташкент - 2016, 162-164.

3. Сулейманов Ж., Усманов С., Мухамедбаева З.А. Совершенствование внутримельничных устройств трубных мельниц. Кимё, нефть, газни кайта ишлаш, хамда озик-овкат саноатлари инновационн технологияларини долзарб муаммолари. Республика илмий-техника анжуманининг маколалар туплами. Ташкент 2015, 143-144..

4. Усманов С., Арипова Б.Х., Мухамедбаева З.А. Повышение эффективности измельчения портландцементного клинкера. Журнал «Композиционные материалы» в печати.



приложение



СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Универсальность и эксплуатационная гибкость

Конструкция сепаратора SEPAX предусматривает возможность применения приводов малой (для помола сырьевых материалов) и большой (для тонкого измельчения) мощности с использованием максимальных расчетных характеристик воздушного потока.

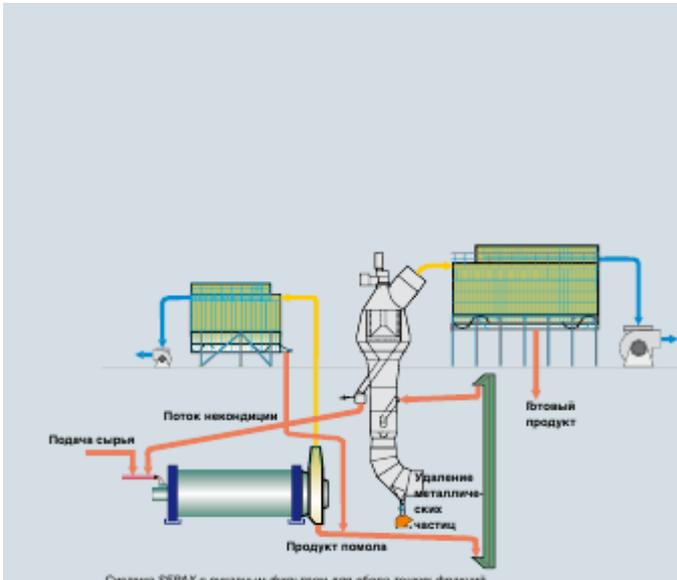
Этим обеспечивается максимальная эффективность вне зависимости от регламентированного качества конечного продукта.

Для сбора мелких фракций сепаратор SEPAX может комплектоваться циклонами, которые устанавливаются на сепаратор или на отдельное основание.

Принцип подачи основан на перемещении материала в подвешенном состоянии в вертикальном воздушном потоке, проходящем через сток. Это позволяет легко адаптировать сепаратор SEPAX для применения в различных системах помола сырья. Таким образом, сепаратор можно встроить в вытяжную систему мельницы, в случае мельницы с полной или частичной аспирацией, или установить сепаратор на распылительную сушилку, которая образует сток, ведущий к сепаратору Sepax.

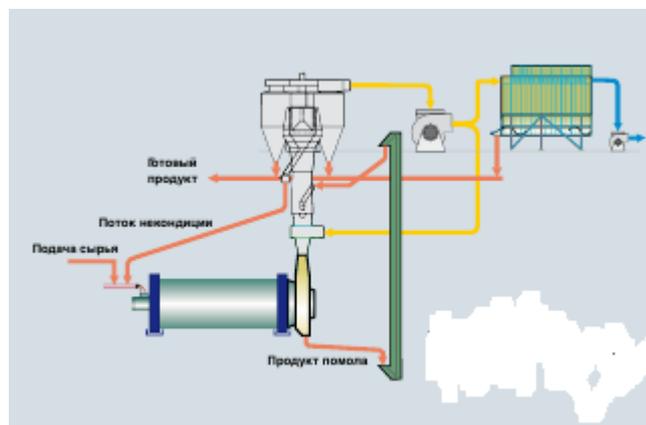
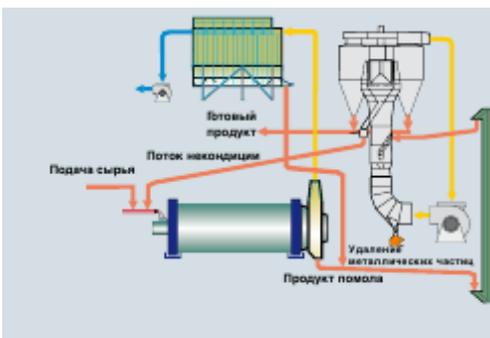
Низкие эксплуатационные расходы

Сепаратор SEPAX характеризуется высокой эффективностью эксплуатации и позволяет снизить до минимума удельный расход энергии, сохраняя максимальную производитель-



В

приложение



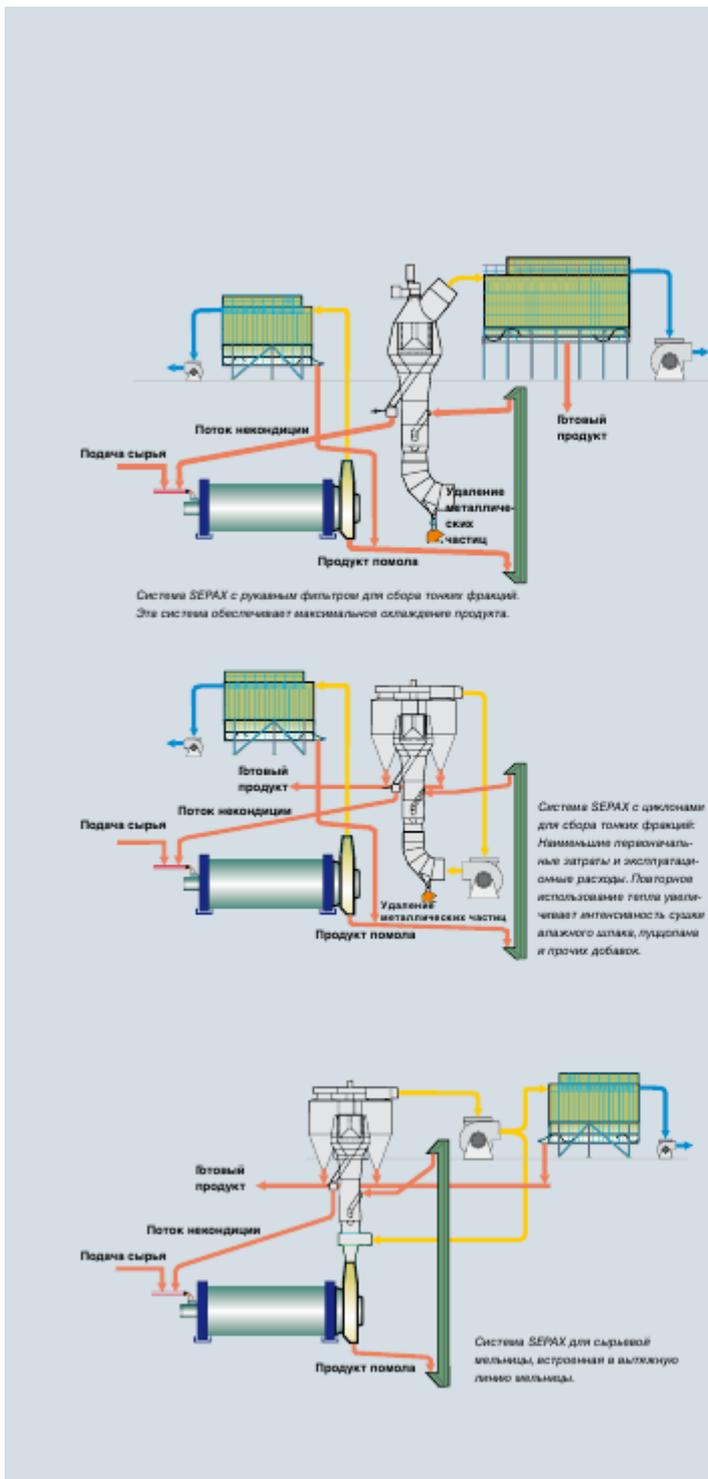
ее

низкие эксплуатационные расходы

Сепаратор SEPAX характеризуется высокой эффективностью эксплуатации и позволяет снизить до минимума удельный расход энергии, сохраняя максимальную производительность. Высокоэффективная система удаления изношенных мелющих тел из подаваемого материала предотвращает закупоривание диафрагмы. Это позволяет оптимизировать эксплуатацию и обеспечить долговременную бесперебойную работу.

Низкие расходы на техобслуживание

Сепаратор SEPAX очень прост в обслуживании. Изношенные и раздробленные мелющие тела не возвращаются в мельницу, что позволяет снизить объем работ по обслуживанию пластин решеток мельницы. Удаление металлических частиц из подаваемого в сепаратор материала позволит уменьшить износ его наиболее важных деталей. Конструкция сепаратора обеспечивает легкий доступ к элементам защиты от износа, установленным в необходимых местах, и их простое обслуживание, узел подшипника также легко заменить.



Универсальность и эксплуатационная гибкость

Конструкция сепаратора SEPAH предусматривает возможность применения приводов малой (для помола сырьевых материалов) и большой (для тонкого измельчения) мощности с использованием максимальных расчетных характеристик воздушного потока.

Этим обеспечивается максимальная эффективность вне зависимости от регламентированного качества конечного продукта.

Для сбора мелких фракций сепаратор SEPAH может комплектоваться циклонами, которые устанавливаются на сепаратор или на отдельное основание.

Принцип подачи основан на перемещении материала в подвешенном состоянии в вертикальном воздушном потоке, проходящем через сток. Это позволяет легко адаптировать сепаратор SEPAH для применения в различных системах помола сырья. Таким образом, сепаратор можно встроить в вытяжную систему мельницы, в случае мельницы с полной или частичной аспирацией, или установить сепаратор на распылительную сушилку, которая образует сток, ведущий к сепаратору Sepax.

Низкие эксплуатационные расходы

Сепаратор SEPAH характеризуется высокой эффективностью эксплуатации и позволяет снизить до минимума удельный расход энергии, сохраняя максимальную производительность. Высокоэффективная система удаления изношенных мелющих тел из подаваемого материала предотвращает закупоривание диафрагм. Это позволяет оптимизировать эксплуатацию и обеспечить долговременную бесперебойную работу.

Низкие расходы на техобслуживание

Сепаратор SEPAH очень прост в обслуживании. Изношенные и раздробленные мелющие тела не возвращаются в мельницу, что позволяет снизить объем работ по обслуживанию пластин решеток мельницы. Удаление металлических частиц из подаваемого в сепаратор материала позволит уменьшить износ его наиболее важных деталей. Конструкция сепаратора обеспечивает легкий доступ к элементам защиты от износа, установленным в необходимых местах, и их простое обслуживание, узел подшипника также легко заменить.