

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет «Технология неорганических веществ»

Кафедра «Технология силикатных материалов  
и редких благородных металлов»

# Курсовой проект

По курсу: ОБОРУДОВАНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВЯЖУЩИХ  
МАТЕРИАЛОВ

---

На тему: ПРОЕКТ ЩЁКОВОЙ ДРОБИЛКИ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ  
ИЗВЕСТНЯКА БАЛИКЛИТАУССКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.

Выполнил (а):\_ Акрамов Ёктам, 10-  
12 группа

Принял (а): доц. Мухамедбаева З.А.

Ташкент 2016

## Введение

Узбекистан занимает одно из ведущих мест в Центральной Азии по объему производства и качеству цемента. Созданы благоприятные условия для оснащения современными технологиями заводов по производству строительных материалов, расширения связей со смежными предприятиями зарубежных стран. В последние годы объем производства цемента вырос в 1,8 раза, экспорта – в 10 раз. Если в 2006 году на предприятиях отрасли было произведено около 5 миллионов 600 тысяч тонн цемента, то в январе-сентябре текущего года данный показатель превысил 4 миллиона 800 тысяч тонн. Полностью удовлетворяется потребность хозяйствующих субъектов и населения в строительных материалах.

Успешно действует ряд предприятий по производству стройматериалов, таких, как «Кизилкумцемент», «Бекободцемент», «Кувасойцемент». Их продукция полностью соответствует международным стандартам ИСО 9001:2000 системы менеджмента качества. В программе, намеченной на 2005-2010 годы и принятой в целях дальнейшего совершенствования и развития отрасли, определены важные задачи, связанные с расширением привлечения в сферу иностранных инвестиций, организацией новых производственных мощностей. В соответствии с постановлением Президента Республики Узбекистан от 1 июня 2007 года «О Программе модернизации, технического и технологического перевооружения предприятий промышленности строительных материалов на период 2007-2011годы» ведется работа по модернизации, обеспечению технического и технологического перевооружения предприятий индустрии строительных материалов путем их оснащения новейшими механизмами и техникой, обеспечивающей производство качественной, конкурентоспособной и экспортоориентированной продукции.

Рост потребностей внутреннего рынка, богатые природные ресурсы и перспективы расширения экспортного потенциала формируют условия дальнейшего развития цементных производств. После проведения всех модернизаций и перевооружений Узбекистан будет располагать цементной индустрией мощностью 16 млн. тонн уже к 2016 году, что безусловно определяется наличием потребности в подобном объеме строительной продукции. В настоящее время Узбекистан располагает мощной цементной промышленностью, которая производит около половины всего цемента в Центральноазиатском регионе. В Узбекистане в настоящее время действуют шесть крупных цементных заводов общей установленной мощностью около 7 млн. тонн. Наиболее крупными заводами — производителями цемента являются ОАО «Кызылкумцемент» (3,1 млн тонн), ОАО «Ахангаранцемент» (1,74 млн тонн) и ОАО «Кувасайцемент» (920 тыс. тонн). На долю предприятий цементной промышленности приходится 72 % от общего объема товарной продукции в строительной отрасли в Узбекистане. Как показывают расчеты, к 2015 году потребности только в базовых строительных материалах составят 6831 млрд. сумов и вырастут по сравнению с 2010 годом 2 раза. В то же время потребление цемента в Средней Азии к 2015 году достигнет 34 млн. тонн. При дальнейшем сохранении прогнозных тенденций развития экономики, в 2016–2020 гг. среднегодовой спрос на них будет находиться на уровне 7,5 трлн. Сумов. Главной производственной продукцией является производство цемента, который также является основным экспортным товаром отрасли. На долю предприятий цементной промышленности приходится более 70 % от общего объема товарной продукции в строительной отрасли в Узбекистане и свыше 75 % от общего объема экспорта стройматериалов.

Специфика рынка цемента заключается в его преимущественно региональном характере, так как на цену товара ввиду его значительного

удельного веса и крупнотоннажных потребностях большое влияние оказывает транспортная составляющая. При проектировке и строительстве новых цементных заводов ведущие компании ориентируются на то обстоятельство, что транспортировка цемента на расстояние более 200 км является экономически нецелесообразной. Следовательно, необходимо учитывать ёмкий рынок строительных материалов соседних с Узбекистаном стран (страны Центральной Азии, Афганистан, Китай). Благодаря высоким конкурентным качествам цемент отечественного производства пользуется большим спросом на внешнем рынке. Полностью удовлетворяя потребности внутри страны, долгое время цемент из Узбекистана экспортировался в Таджикистан, Казахстан, Туркменистан, Афганистан, Кыргызстан, а также в незначительных объемах в Иран и другие страны. Несмотря на рост объема импорта общестроительных материалах ближними странами уже сейчас отмечается некое снижение экспортных поставок в эти страны по некоторым видам продукции. К примеру, цемент, хотя и остается высоколиквидным товаром, постепенно теряет привлекательность на зарубежных рынках, поскольку национальные программы реформирования промышленности строительных материалов соседних стран основаны, в первую очередь, на вводе в действие новых заводов по выпуску цемента.

Таким образом, рост потребностей внутреннего рынка, богатые природные ресурсы и перспективы расширения экспортного потенциала формируют условия для развития цементного производства. Специфика рынка цемента заключается в его преимущественно региональном характере, так как на цену товара ввиду его значительного удельного веса и крупнотоннажных потребностях большое влияние оказывает транспортная составляющая, следовательно, эффективность торговли цементом напрямую будет зависеть от расстояния до потребителей. И в тех случаях, когда существующие импортеры узбекистанского цемента и других стройматериалов сохраняют

свои потребности в импорте подобных материалов, имеет смысл бороться за их предпочтения в условиях ожесточающейся конкуренции и необходимо повышать конкурентоспособность отечественной промышленности строительных материалов.

## Теоретические основы физико-химических процессов в производстве цемента.

Физико-химические процессы при производстве портландцементного клинкера предшествуют образованию портландцементного клинкера. Эти процессы протекают в определенных температурных границах — технологических зонах печного агрегата. При мокром способе производства цемента в обжиговом агрегате — вращающейся печи — по ходу движения обжигаемого материала условно выделяют зоны: *I* — испарения, *II* — подогрева и дегидратации, *III* — декарбонизации, *IV* — экзотермических реакций, *V* — спекания, *VI* — охлаждения. На рис. 3.6 показано распределение температур материала и газового потока по зонам вращающейся печи.

В зоне испарения материал долгое время сохраняет температуру около 100°C и лишь в конце ее нагревается до 900°C. Затраты теплоты на испарение влаги шлама составляют около 35% общего расхода. При нагревании шлам вначале разжижается, а затем загустевает и комкуется. В печах для обжига сухого сырья эта зона отсутствует,

В зоне подогрева при температуре 200...700°C выгорают органические примеси и начинаются процессы *дегидратации* и *разложения* глинистого компонента.

В зоне декарбонизации при температуре 900...1200°C происходит диссоциация карбонатов кальция и магния с образованием свободных CaO и MgO. Одновременно продолжается распад глинистых минералов. С повышением температуры происходит взаимный обмен между атомами и ионами вещества с образованием новых соединений: двухкальциевого силиката, алюминатов и алюмоферритов кальция. .

В зоне экзотермических реакций при температуре 1200...1300°C процесс твердофазового спекания материала завершается. Содержание свободной

известии резко уменьшается, однако в смеси остается' некоторое ее количество, необходимое для насыщения двухкальциевого силиката до трехкальциевого.

В зоне спекания при температурах 1350... 1450... 1300°C происходит частичное плавление материала (20...30% обжигаемой смеси). В расплав переходят все клинкерные минералы (кроме  $2\text{CaO-SiO}_2$ ) и все легкоплавкие примеси сырьевой смеси. В твердом состоянии остаются лишь  $2\text{CaO-SiO}_2$  и  $\text{CaO}$ . Алит кристаллизуется из расплава в результате растворения в нем оксида кальция и двухкальциевого силиката. Это соединение плохо растворимо в расплаве, вследствие чего выделяется в виде мелких кристаллов, которые в дальнейшем растут.

В зоне охлаждения температура клинкера сравнительно медленно понижается с 1300 до 1000°C. Часть жидкой фазы при этом кристаллизуется, а часть затвердевает в виде стекла. Границы зон во вращающейся печи достаточно условны и не являются стабильными. Меняя режим работы печи, можно смещать зоны и регулировать тем самым процесс обжига.

## **Характеристика сырьевых материалов.**

Для производства портландцемента в качестве сырьевых материалов применяют главным образом карбонатные и глинистые породы, а также другие природные виды сырья и искусственные материалы, получаемые в виде промышленных отходов. Помимо основных сырьевых материалов в производстве портландцемента используют и различные корректирующие добавки.

**Карбонатные породы.** Карбонатные породы — осадочные или метаморфические горные породы известнякового, доломитового и карбонатно-глинистого состава. Все разновидности карбонатных пород — известняк, мел, известняк-ракушечник, известковый туф, мергелистый известняк, мергель, за исключением мрамора, — находят применение в производстве портландцемента. Во всех этих горных породах наряду с углекислым кальцием  $\text{CaCO}_3$  могут содержаться примеси глинистых веществ, доломита, кварца, гипса. Содержание в известковых породах глинистых веществ не ограничено; примеси доломита и гипса в больших количествах вредны.

Качество карбонатных пород как сырьевого материала для производства цемента зависит от их физических свойств и структуры: породы с аморфной структурой легче взаимодействуют при обжиге с другими составляющими сырьевой смеси, чем породы с кристаллической структурой.

**Известняки** — один из основных видов известкового сырья. Плотные известняки, широко распространенные, часто имеют мелкокристаллическую структуру. Плотность известняков составляет 2700—2760 кг/м<sup>3</sup>; прочность на сжатие до 250—300 МПа; влажность колеблется от 1 до 6%. Наиболее пригодны для производства цемента мергелистые и пористые известняки с невысоким пределом прочности при сжатии, не содержащие кремниевых включений.

**Мел**— осадочная мягкая, легко растирающаяся горная порода, представляющая собой разновидность слабо сцементированного мажущего известняка. Мел легко измельчается при добавлении воды и является хорошим сырьем для производства портландцемента.

**Мергель** — осадочная порода, представляющая собой смесь мельчайших частиц  $\text{CaCO}_3$  и глины с примесью доломита, тонкого кварцевого песка, полевого шпата и др. Мергель — переходная порода от известняков (50—80%) к глинистым породам (20—50%). Если в мергелях соотношение между  $\text{CaCO}_3$  и глинистой породой приближается к требуемому для производства портландцемента и значения силикатного и глиноземного модулей находятся в допустимых пределах, то мергели называют натуральными или цементными.

Структура мергелей различная: плотная и твердая или землисто-рыхлая. Залегают мергели большей частью в виде слоев, отличающихся один от другого по составу. Плотность мергелей колеблется от 2000 до 2500 кг/м<sup>3</sup>; влажность в зависимости от содержания глинистых примесей 3—20%.

**Глинистые породы.** Для цементного производства применяют следующие виды глинистых пород: глину, суглинок, глинистый сланец, лесс и лессовидные суглинки.

**Глины** — тонкодисперсные осадочные горные породы, состоящие из различных минералов: каолинита, монтмориллонита, гидрослюд и других гидроалюмосиликатов. Глина при увлажнении разбухает и приобретает пластичность. При сухом способе производства пластичность и связующая способность глины обеспечивают возможность брикетирования и гранулирования сырьевой муки.

**Суглинок** — глина, содержащая повышенное количество песчаных и пылеватых частиц.

**Глинистые сланцы** — твердые плотные горные породы с ориентированным расположением слагающих минералов, тонкослоистой структурой и хорошо выраженной сланцеватостью — способностью легко раскалываться на тонкие пластинки. Глинистые сланцы по сравнению с глиной характеризуются меньшей влажностью, более постоянным составом и не смерзаются зимой при хранении на складах.

**Лесс** — пористая тонкозернистая, рыхлая горная порода, состоящая из очень тонких пылевидных частиц кварца, полевого шпата, глинистых материалов и некоторых других силикатов. Он содержит значительное количество карбоната кальция. Пористость лесса 48—50%, пластичность его невелика. Лессовидный суглинок — *суглинок, переходный по своим свойствам к лессу* Глинистые породы обеспечивают в сырьевой смеси необходимое количество и соотношение кислотных окислов:  $81\text{Щ} \gg \text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . К химическому составу глинистых пород, используемых при производстве цемента, установлены следующие требования. Количество  $\text{CaO}$  не ограничивается. Допустимое содержание  $\text{MgO}$  зависит от содержания его в известковом компоненте и ограничивается условием получения клинкера с содержанием  $\text{MgO}$  не более 5%. Содержание  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$  в сумме не должно превышать 3—4%, а  $\text{SO}_3$  — не более 1%. Промышленные отходы. В качестве сырьевых компонентов на некоторых цементных заводах используются отходы различных отраслей промышленности. Наиболее широко применяют доменные шлаки, которые представляют собой силикатные и алюмосиликатные расплавы, получающиеся при выплавке чугуна, а также нефелиновый (белитовый) шлам — отход производства окиси алюминия из нефелинов, сиенита и других горных пород. Нефелиновый шлам на 80% состоит из белита ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ), который полностью заменяет глинистый компонент в сырьевой смеси и примерно на 50% карбонатный. При использовании белитового шлама в сырьевую смесь обычно вводят одновременно две

корректирующие добавки — глиноземистую и железистую. Недостаток нефелинового шлама — наличие повышенного содержания щелочей.

**Минерализаторы. Минерализаторы** — вещества, которые активно участвуют в образовании клинкерных минералов при обжиге и сами частично входят в их состав. В качестве минерализаторов в цементной промышленности используют плавиковый шпат — флюорит  $\text{CaF}_2$ , фосфогипс, кремнефтористый натрий  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ , апатит  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{P}$ , гипс .

Фосфогипс — продукт, вырабатываемый из отходов производства фосфорной кислоты, из флотационного апатитового концентрата или флотационного фосфата. Фосфогипс в основном состоит из двуводного сульфата кальция и содержит примеси фосфорной кислоты, неразложенного сульфата, глинистых минералов и др.

В состав шлама вводят фосфогипс в количестве до 1% в пересчете на  $\text{SO}_3$  от массы загружаемого сырья. В цементной промышленности фосфогипс применяют как интенсификатор процесса обжига, а также взамен гипса при помоле цемента.

Плавиковый шпат (флюорит) — минерал состава  $\text{CaF}_2$ , содержащей 48,8% F и 51,2% Ca. Обычно плавиковым шпатом называют как минерал, так и флюоритовую руду и концентрат. В производстве цемента плавиковый шпат используют с содержанием  $\text{CaF}_2$  не менее 65% и  $\text{SiO}_2$  не более 30%.

Корректирующие добавки. Такие добавки — железосодержащие, глиноземистые и кремнеземистые — вводят в сырьевую смесь для корректирования величин кремнеземного и глиноземного модулей.

В качестве железосодержащей добавки обычно применяют пирит-ные огарки с серноокислотных заводов, реже колошниковую пыль доменных печей. В качестве глиноземистой добавки используют богатые глиноземом 'маложелезистые глины, боксит, реже каолин. Кремнеземистой добавкой служат кварцевые пески, опоки, трепелы

В выпускной работе мы используем для получения белого портландцемента; следующие сырьевые материалы ;известняк – Баликтауского месторождения  
каолин – вторичные каолины- Ангреновского месторождения кварц-  
Чимкорганского месторождения;

# РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА

Химический состав исходных материалов

Таблица -1

Материалы.	Содержание окислов. Масс.%									Сумма
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	CO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O	П,п, п	
<b>Известняк- Баликтауского Месторождени я.</b>	1,7 2	1,43	0,03	52.0 8	0,4 0	0.4 2	-	-	41.6 3	<b>96.7 1</b>
<b>Каолин- вторичные каолины Ангренского месторождени я.</b>	44. 7	23.0 8	0.7	0.45	0.5 4	0.3 0	0.4 0	0.9	15.5	<b>86.5</b>
<b>Кварц- Чимкорганског о месторождени я.</b>	91	2.51	0.53	0.84	0.3 5	0.1 0	-	0.7 1	0.6	<b>96.6 4</b>

96,71 - 100%

SiO<sub>2</sub>

1,72 - x%

X=1,77

Таблица-2

Материал	Содержание окислов.масс.%									Сумма
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	CO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O	П,п,п	
известняк	1,77	0,44	0,03	53,8	0,4	0,43	-	0,01	43	100
Каолин	46,2	23,7	0,72	0,46	0,55	0,32	0,41	0,9	16	100
Кварц	93,6	2,58	0,54	0,86	0,36	0,10	-	0,73	0,61	100

$$A1=2,8*1,77*0,87+1,65*0,44+0,35*0,03-53,8=-48,76$$

$$B1=2,8*46,2*0,87+1,65*23,7+0,35*0,72-0,46=151,39$$

$$C1=0,86-(2,8*0,87*93,6+1,65*2,58+0,35*0,54)=-231$$

$$A2=2,2*0,03-0,44=-0,37$$

$$B2=2,2*0,72-23,7=-22,1$$

$$C2=2,58-2,2*0,54=-1,39$$

$$X = \frac{c1 \times b2 - c2 \times b1}{a1 \times b2 - a2 \times b1}$$

$$Y = \frac{a1 \times c2 - a2 \times c1}{a1 \times b2 - a2 \times b1}$$

$$y = \frac{(-48,76)(-1,39) - (0,37)(-231) \times 153,24}{(-48,76)(-22,1) - (-0,37) \times 151,39} = \frac{153,24}{1021,49} = 0,15$$

$$X = \frac{(-231)(-22,1) - (-1,39) \times 151,39}{(-48,76)(22,1) - (-0,37) \times 151,39} = \frac{5315,5}{1133,51} = 4,68$$

В процентом отношении

$$\text{Известняк} = \frac{4,68 \times 100}{4,68 + 0,15 + 1} = \frac{468}{5,83} = 80,2\%$$

$$\text{Глина} = \frac{0,15 \times 100}{4,68 + 0,15 + 1} = \frac{15}{5,83} = 2,57\%$$

$$\text{Кварц} = \frac{1 \times 100}{4,68 + 0,15 + 1} = \frac{17,15\%}{5,83} = 17,15\%$$

**Исходные данные для расчета материального баланса.**

1. Способ производства сухой.
2. Годовая производительность завода – 300000 т цемента
3. Состав портландцемента.

Клинкер 97%

Гипс 3%

Состав сырьевой смеси,

известняк - 80,2%

каолин - 2,57%

кварц – 17,15%

6. Естественная влажность сырьевых материалов, и добавок;

Известняк-5%

Каолин-15%

Гипс-6%

8, Удельный расход

на обжиг клинкера- 0,246тн\тн клинкера

9.Потери при прокаливании сырьевой смеси – 59,61%

10.Производственные потери: Сырьевых материалов – 2,5%

11.коэффициент использования вращающихся печей – 0,92

Отделение помола цемента – 307 дней 24ч в сутки (7368ч\_)

По сухому способу производства применяют вращающиеся Печи.

Ранее построенные заводы оборудованы, сравнительно, короткими печами длиной 50-90м.

А)диаметром 4,2м, длиной 62м, производительностью 50т/ч.

$$300000 * \frac{97}{100} = 291000 \text{ т/ч}$$

Где 97-содержание клинкера в цементе, % 300000 – годовая производительность завода по цементу,т/год.

При коэффициенте использования вращающихся печей – 0,92, печи работают в течение года.

$$365 * 0,92 = 337 \text{ дней}$$

Или

$$337 * 24 = 8088 \text{ час}$$

Отсюда часовая производительность печи составит.

$$291000 / 8088 = 35,97 \text{ т/ч клинкера}$$

$$36 * 22,5 = 810 \text{ т/сутки}$$

$$810 * 307 = 248670 \text{ т/год}$$

### Материальный баланс отделения помола клинкер.

Определяем расход отдельных компонентов цемента.

$$300000 : 307 = 977.19$$

$$977.19 : 24 = 40.71$$

В том числе расход отдельных компонентов составит

А) известняка

$$\text{В час } 40.71 * 80.2 / 100 = 32.64 \text{ т}$$

$$\text{В сутки } 977.19 * 80.2 / 100 = 783.70 \text{ т}$$

$$\text{В год } 300000 * 80.2 / 100 = 240.600 \text{ т}$$

Б) каолин

$$\text{В час } 40.71 * 2.57 / 100 = 1.04 \text{ т}$$

$$\text{В сутки } 977.19 * 2.57 / 100 = 25.01 \text{ т}$$

$$\text{В год } 300000 * 2.57 / 100 = 7710 \text{ т}$$

$$\text{В) кварц} \quad \text{В час } 40.71 * 17.15 / 100 = 6.98 \text{ т}$$

$$\text{В сутки } 977.19 * 17.15 / 100 = 167.5 \text{ т}$$

$$\text{В год } 300000 * 17.15 / 100 = 51450 \text{ т}$$

Сводная таблица материального баланса используемых материалов.			
Материалы	в час/т	В сутки/т	в год/т
Известняк	32,64	783,70	240,600
Каолин	1,04	25,01	7710
Кварц	6,98	167,5	51450

## **Технологическая схема получения портландцемента по сухому способу производства.**

Изготовление клинкера по сухому способу технически и экономически целесообразно в тех случаях, когда исходные сырьевые материалы характеризуются:

низкой влажностью (до 10—12%);

относительной однородностью по химическому составу и физической структуре, что обеспечивает возможность получения гомогенной сырьевой муки при измельчении сухого сырья.

При сухом способе затраты тепла на обжиг клинкера достигают 800—1200 *ккал/кг*, что значительно меньше затрат при производстве по мокрому способу (1400—1800 *ккал/кг*).

При сухом способе изготовления клинкера исходные материалы (известняк, глина и др.) после дробления подвергаются высушиванию и совместному помолу в шаровых и иных мельницах до остатка 5—8% на сите № 008. Обжигают сырьевую муку в коротких вращающихся печах с циклонными теплообменниками или кальцинаторами или же в автоматических шахтных.

В зависимости от этого схемы производства несколько различаются.

Добывают и дробят известняк и глину при сухом способе производства с помощью тех же механизмов, что и при мокром способе

Раздробленное сырье сушат в сушильных барабанных до остаточной влажности в 1-2%, а затем подвергают тонкому измельчению в трех-четырёхкамерных мельницах работающих по открытому циклу. Сырьевая мука, получаемая в результате помола в мельницах того или иного типа, направляется на гомогенизацию и корректирование в специальные железобетонные силосы емкостью до 500—2000  $m^3$  (в зависимости от размеров (Производства и однородности сырья)). Чем неоднороднее сырье,

тем меньше обычно) вместимость отдельных силосов. Муку в них перемешивают с помощью сжатого воздуха, вводимого через керамические пористые плитки, укладываемые на днище силосов. Иногда вместо керамических применяют специальные металлические плитки или даже перфорированные трубки, покрытые тканью.

Воздушные струи, проникающие в муку, аэрируют ее, что сопровождается уменьшением объемной массы. Одновременно материал приобретает большую текучесть.

В настоящее время применяют несколько способов, подачи воздуха в силосы для перемешивания материала. По одному из них днище силоса разделяют на несколько секторов с отдельной подачей в них воздуха. Последний с предельным принятым давлением подается вначале в один из секторов, а в остальные поступает под малым давлением и в небольшом количестве. Это обуславливает различную степень аэрации материала над разными секторами днища и различные показатели их объемной массы, что приводит к волнообразному его перемешиванию. Через каждые 20—30 мин секторы начинают последовательно интенсивно подавать воздух. Применяют также «гейзерный» способ перемешивания муки с подачей воздуха в концентрические секции днища (При разном давлении в каж- дую).

После гомогенизации проверяют состав сырьевой муки по содержанию окиси кальция (титр муки). Если оно соответствует требуемому, то смесь направляют на обжиг. Если же вы- является отклонение, то мука из двух силосов направляется в третий в таком соотношении, чтобы получить смесь требуемого состава. После заполнения общего силоса материалы в нем тщательно смешиваются до полной однородности.

Наконец, используется способ непрерывной гомогенизации, при котором мука непрерывно подается на верх большого силоса, заполненного уже аэрированной и гомогенизированной смесью. Одновременно у днища

силоса непрерывно отбирается готовый материал. Емкость силоса принимается равной 8— 10-кратной часовой производительности мельниц. Высота силосов в 1,5—2 раза больше их диаметра. Для перемешивания применяют обычно воздух, очищенный от масла и паров воды, под давлением до 1,5—2 ат. Через 1 м<sup>2</sup> пористых плиток подается в 1 мин около 2 м<sup>2</sup> воздуха.

Затраты электроэнергии на гомогенизацию составляют 0,4— 0,6 кет : ч/т муки; общий расход энергии на всю установку (подача материала в силосы, его выгрузка и перемешивание) достигает 2,2—2,5 кет; ч/т. В месте выхода готовой муки из силосов устанавливают пробоотборники, автоматически отбирающие пробы весом в 10—15 г/т материала.

Силосы снабжают также устройствами для обеспыливания отработанного воздуха и удаления воздуха из готовой муки. Вращающиеся печи с циклонными теплообменниками имеют обычно в длину 40—60 м. Они характеризуются расходом тепла в 850—950 ккал на 1 кг клинкера.

В материале, обжигаемом в рассматриваемых печах, идут те же процессы, что и при обжиге смеси в виде шлама. Полученный клинкер после охлаждения в холодильниках того или иного типа направляют на склад, а затем перерабатывают в цемент.

Печи с циклонными теплообменниками — высокоэффективные тепловые установки, и они все шире применяются в практике. Одним из таких агрегатов является печь «Дополь», в которой третья ступень теплообменников имеет вид шахты. На некоторых подобных установках достигнут удельный расход тепла примерно в 75р. ккал/кг.

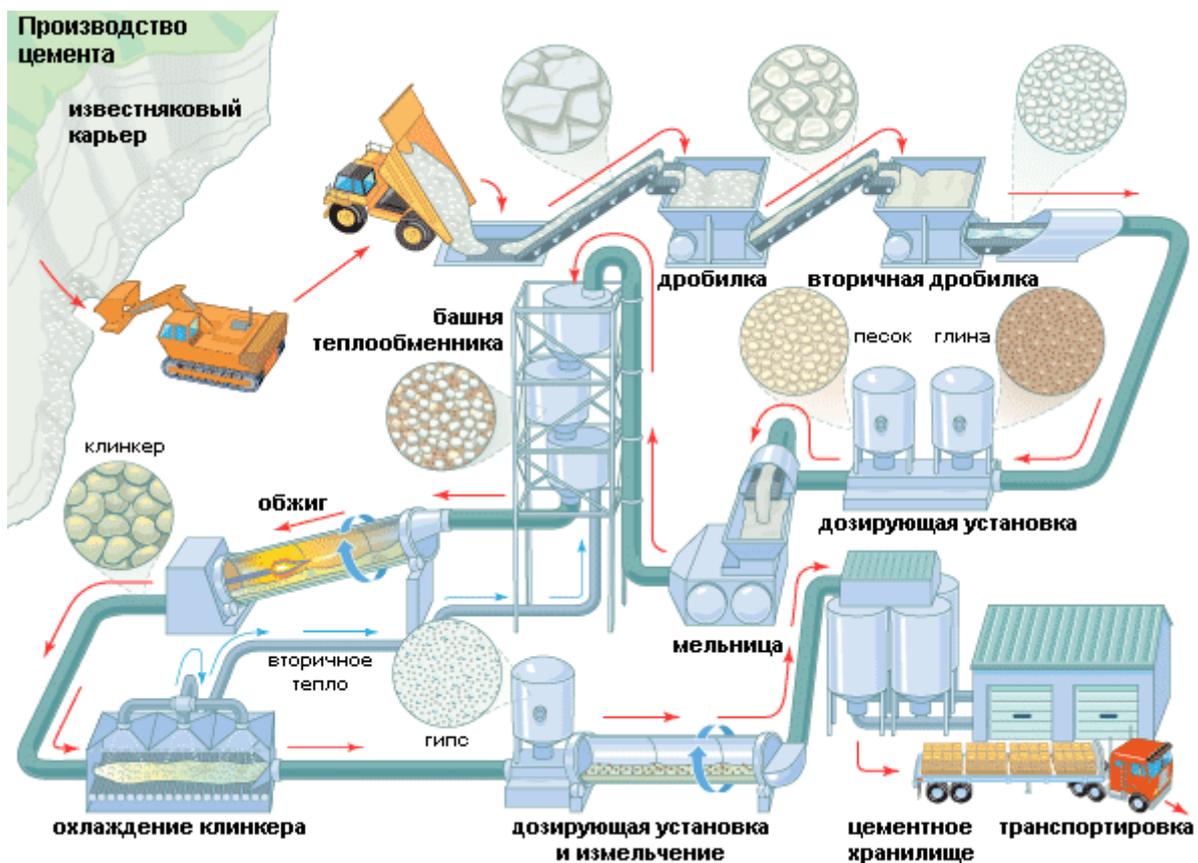
Помол клинкера осуществляют по открытому или замкнутому циклу с применением одностадийного, а иногда и двухстадийного измельчения.

Длина шаровых мельниц, работающих по открытому циклу и называемых трубными, в несколько раз превышает их диаметр (в 4—5 раз). Например, на

заводах применяют мельницы размерами 3,2X15; 3X14; 2,6X13 м и др. Их производительность при помоле клинкера до остатка 8—10% на сите № 008 достигает соответственно 55, 50 и 26 т/ч. Первые две мельницы могут переключаться также на работу в замкнутом цикле с сепаратором. Приводятся они во вращение двигателями мощностью соответственно 1765, 1600 и 820 кВт. Трубные мельницы разделяют по длине дырчатыми перегородками на две, три, четыре камеры.

Цемент, выходящий из мельничной установки, взвешивают учета эффективности ее работы, а затем направляют на склады с помощью пневмовинтовых или камерных насосов. Пневмовинтовые насосы производительностью по цементу от 11 до 140 т/ч обеспечивают возможность его передачи на высоту до 30 м и по горизонтали до 500—700 м. Цемент передается с помощью сжатого воздуха (до 3—4 ат), предварительно освобожденного от влаги и масла. Расход воздуха составляет около 0,025 м<sup>3</sup>/с. У пневмовинтовых насосов довольно быстро изнашивается вращающийся винт (около 1000 об/мин) и потребляют значительное количество энергии и поэтому в последние годы все больше уступают место камерным насосам.

# Технологическая схема производства белого портландцемента.



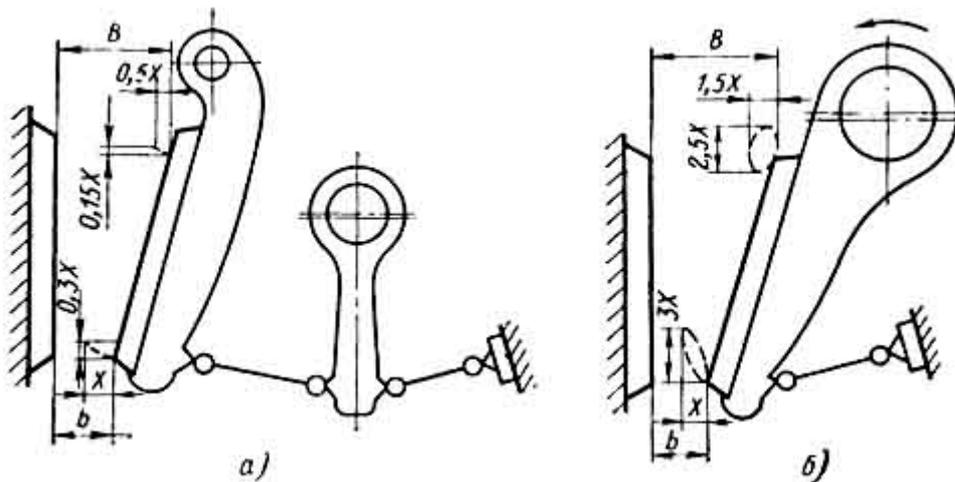
## **Выбор технологического оборудования, их техническое описание и расчет.**

В промышленности строительных материалов щековые дробилки, в основном, применяют для крупного и среднего дробления. Принцип работы щековой дробилки заключается в следующем. В камеру дробления, имеющую форму клина и образованную двумя щеками, из которых одна в большинстве случаев является неподвижной, а другая подвижной, подается материал, подлежащий дроблению. Благодаря клинообразной форме камеры дробления куски материала располагаются по высоте камеры в зависимости от их крупности - более крупные вверху, менее крупные - внизу. Подвижная щека периодически приближается к неподвижной, причем при сближении щек (ход сжатия) куски материала раздробливаются, при отходе подвижной щеки (холостой ход) куски материала продвигаются вниз под действием силы тяжести или выходят из камеры дробления, если их размеры стали меньше наиболее узкой части камеры, называемой выходной щелью, или занимают новое положение, соответствующее своему новому размеру. Затем цикл повторяется. Щековая дробилка изобретена в 1858 г. американцем Блеком.

В зависимости от кинематических особенностей механизма щековые дробилки можно разделить на две основные группы:

1. Дробилки, у которых движение от кривошипа к подвижной щеке передается определенной кинематической цепью. При этом траектории движения подвижной щеки представляют собой части дуги окружности. Эти машины называются щековыми дробилками с простым движением подвижной щеки.

2. Дробилки, у которых кривошип и подвижная щека образуют единую кинематическую пару. В этом случае траекторий движения точек подвижной щеки представляют собой замкнутые кривые, чаще, всего эллипсы. Дробилки с такой кинематикой называются щековыми дробилками со сложным движением подвижной щеки.



Кинематические схемы щековых дробилок

На рисунке выше показаны наиболее распространенные кинематические, схемы щековых дробилок: с простым (а) и сложным (б) , движением подвижной щеки.

В дробилке с простым движением (а) подвижная щека подвешена на неподвижную ось. Шатун дробилки верхней головкой, шарнирно соединен с приводным эксцентриковым валом. В нижнюю часть шатуна шарнирно упираются две распорные плиты, одна из которых противоположным концом упирается в нижнюю часть подвижной щеки, другая - в регулировочное устройство. При вращении эксцентрикового вала подвижная щека получает качательное движение по дуге окружности, центром которой является центр оси подвеса. Наибольший размах качания (ход сжатия) имеет нижняя точка подвижной щеки. За величину хода сжатия какой-либо точки подвижной щеки принимается величина проекции траектории движения данной точки на нормаль к неподвижной щеке.

Срок службы дробящих плит находится в прямой зависимости от величины вертикальной составляющей хода (при прочих равных условиях), что подтверждается практикой эксплуатации щековых дробилок.

На дробилках с простым движением при малой вертикальной составляющей хода сжатия дробящие плиты служат в несколько раз дольше, чем на дробилках со сложным движением, где величина этого хода намного больше. В этом заключается преимущество кинематической схемы дробилки с простым движением. Другим преимуществом этой кинематической схемы является обеспечение большого выигрыша в силе в верхней части камеры дробления, что очень важно при дроблении кусков горной массы больших размеров и высокой прочности.

Недостатком дробилок с простым движением является малая величина хода сжатия в верхней части камеры дробления. В верхнюю часть камеры дробления попадают крупные куски материала, для надежного захвата и дробления которых необходим больший ход, чем в нижней части, где дробятся куски меньших размеров и формируется готовый продукт. Поэтому в нижней части камеры дробления ход сжатия должен быть соответственно меньше.

В дробилке с простым движением щеки наблюдается обратное явление, т. е. наибольший ход сжатия (размах качания) имеет низ подвижной щеки, в верхней же части этот ход значительно меньше.

В дробилках со сложным движением (б) подвижная щека шарнирно подвешена на эксцентричной части приводного вала. Низ подвижной щеки шарнирно опирается на распорную плиту. Другим концом распорная плита опирается на регулировочное устройство.

Дробилка со сложным движением проще по конструкции, компактнее и менее металлоемка, чем дробилки других типов. У такой Дробилки траектория движения подвижной щеки представляет собой замкнутую

кривую. В верхней части камеры дробления эта кривая — эллипс, приближающийся к окружности, в нижней части — сильно вытянутый эллипс.

Типоразмер дробилки характеризует величина ширина приемного отверстия (расстояние между дробящими плитами в верхней части камеры дробления в момент максимального отхода подвижной щеки). Этот размер определяет максимально возможную крупность кусков, загружаемых в дробилку, принимаемую равной 0,85, от ширины приемного отверстия.

Другим важным параметром служит длина приемного отверстия, т. е. длина камеры дробления, определяющая, сколько кусков может быть загружено одновременно. Произведение двух величин и называется размером приемного отверстия щековой дробилки и является ее главным параметром.

В зависимости от величины главного параметра, в мм, щековые дробилки, выпускаемые отечественной промышленностью, составляют следующий размерный ряд: 160X250, 250X400, 250x900, 400X600, 400X900, 600X900, 900X1200, 1200x1500, 1500X2100 мм, т.е. всего девять типоразмеров, из которых шесть первых представляют собой дробилки со сложным движением подвижной щеки, четыре последних - с простым. Дробилки размером 600x900 выпускаются с простым и сложным движением подвижной щеки.

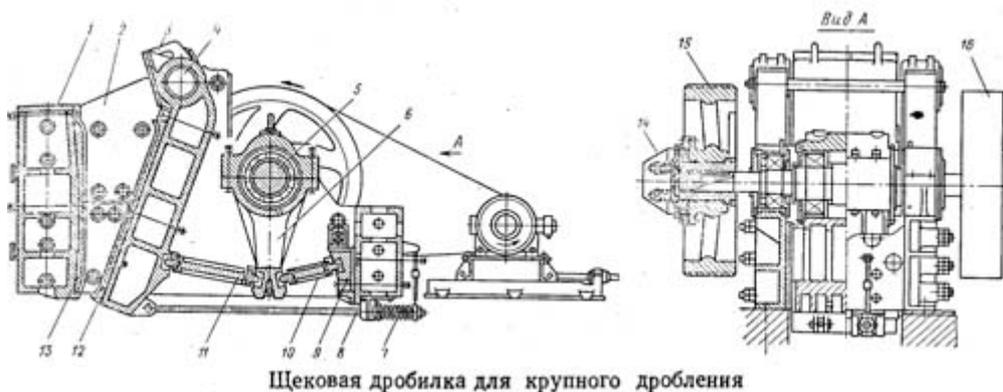
Перечисленный ряд определился в результате многолетнего опыта, по созданию и эксплуатации щековых дробилок. Размеры приемных отверстий машин ряда регламентированы Государственными стандартами и соответствуют международному ряду по рекомендациям СЭВа.

Важным параметром щековой дробилки является величина выходной щели. Она определяется как наименьшее расстояние между дробящими плитами в камере дробления в момент максимального отхода подвижной щеки. Величина выходной щели - параметр переменный, ее можно регулировать

при помощи специального устройства, что позволяет изменять крупность готового продукта, или наоборот, поддерживать постоянной в течение длительного времени независимо от степени износа дробящих плит.

### Конструкции

На рисунке ниже показан разрез щековой дробилки для крупного дробления с простым движением подвижной щеки. Эта конструкция может считаться типовой, так как все отечественные дробилки для крупного дробления имеют аналогичную конструкцию и отличаются только размерами.



Щековая дробилка для крупного дробления

Станина дробилки 1 должна обеспечивать жесткость всей конструкции при больших (несколько сотен тонн) усилиях, возникающих при дроблении прочных материалов. Поэтому станины крупных дробилок, как правило, представляют собой цельные массивные стальные конструкции. В выемках боковых стенок станины крепятся коренные подшипники эксцентрикового вала 5. На эксцентричной части вала подвешен литой шатун 6, в нижнем конце которого имеются пазы для установки сухарей, являющихся опорными поверхностями для передней 11 и задней 10 распорных плит. На последних моделях дробилок для коренных и шатунных подшипников применены подшипники качения специального типа, выдерживающие большие динамические нагрузки.

Периодичность работы щековой дробилки, т. е. наличие холостого хода и хода сжатия, вызывает неравномерную нагрузку на приводной двигатель. Для выравнивания этой нагрузки эксцентриковый вал дробилки снабжается

массивными, маховиками, которые «аккумулируют» энергию при холостом ходе и отдают ее при ходе сжатия.

На один конец эксцентрикового вала насажен шкив-маховик 15, на другой — маховик 16. Сцепление шкива-маховика с валом обеспечивается фрикционной муфтой 14. Между ступицей шкива-маховика и валом находятся бронзовые втулки, по которым шкив-маховик может свободно проворачиваться, если крутящий момент превысит расчетный. Таким образом, фрикционные муфты и свободная посадка шкива-маховика на вал предотвращают поломки деталей дробилки при перегрузках, т. е. являются предохранительными устройствами.

Подвижная щека 3, представляющая собой стальную отливку коробчатого сечения, подвешена на оси 4, концы которой установлены в подшипниках с бронзовыми вкладышами в верхней части боковых стенок станины. В нижней части щеки имеется паз для установки сухаря, в который упирается передняя распорная плита. Задняя распорная плита упирается в сухарь регулировочного устройства. Опорные поверхности распорных плит изнашиваются при работе машины и поэтому распорные плиты имеют сменные наконечники. Силовое замыкание звеньев механизма привода подвижной щеки обеспечивается тягами 8 и пружинами 7.

На неподвижную и подвижную щеки крепятся неподвижная 13 и подвижная 12 дробящие плиты, которые непосредственно соприкасаются с дробимым материалом и являются основными рабочими органами щековых дробилок. Рабочие поверхности дробящих плит и боковые стенки станины образуют камеру дробления. Часть боковых стенок станины, выходящих в камеру дробления, футеруется сменными футеровочными плитами 2.

Дробящие плиты крупных щековых дробилок сборные, состоят из отдельных частей и крепятся к щекам при помощи болтов с потайными головками. Такое же крепление применяется для боковых футеровочных плит.

Режим работы щековой дробилки изменяется регулированием размера выходной щели. Ширина выходной щели при прочих равных условиях определяет крупность продукта дробления, а также производительность дробилки. Так как по мере изнашивания дробящих плит ширина выходной щели возрастает, ее необходимо периодически регулировать (поджимать). На щековых дробилках крупного дробления это осуществляется путем установки между упором 9 и задней стенкой станины дополнительных прокладок, различных по толщине. Для облегчения этой операции в дробилках последних моделей предусмотрен гидравлический домкрат, при помощи которого упор вместе со всей системой привода подвижной щеки, т. е. распорными плитами, нижним концом шатуна и самой подвижной щекой отжимается от станины, устанавливается необходимое число прокладок, после чего давление в домкрате снижается и упор прижимается к прокладкам.

Пуск щековых дробилок, особенно дробилок крупных размеров затруднен, так как приходится преодолевать инерцию больших масс. Поэтому для привода дробилки применяли электродвигатель повышенной мощности, т. е. при нормальном рабочем режиме мощность двигателя недоиспользовалась (потреблялось примерно 40-50% от установленной мощности). Это значительно ухудшало эксплуатационные показатели дробилки. Кроме того, двигатель повышенной мощности все же не обеспечивал пуска щековой дробилки, если камера дробления загружена материалом, т. е. находилась под завалом. Случайная остановка дробилки с загруженной камерой дробления вызывала длительные простои дробилки, так как перед пуском камеру дробления приходилось очищать от материала.

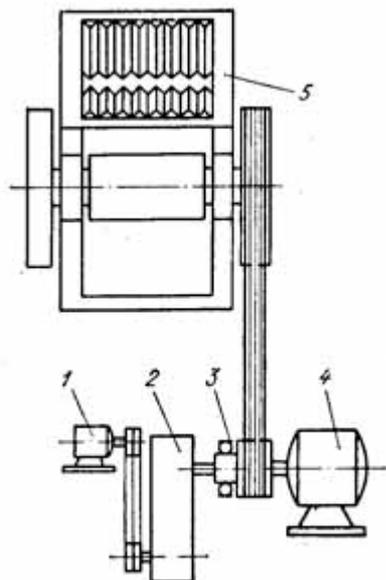


Схема вспомогательного привода для щековых дробилок

Пуск дробилки под завалом обеспечивает вспомогательный привод (рисунок выше), представляющий собой довольно простое устройство, включающее вспомогательный электродвигатель малой мощности 1. Последний соединен клиноременной передачей с ведущим валом зубчатого редуктора 2. На ведомом валу редуктора установлена обгонная муфта 3, соединенная со шкивом главного электродвигателя 4. Шкив главного двигателя связан клиноременной передачей со шкивом-маховиком дробилки 5. Общее передаточное отношение вспомогательного привода (клиноременной передачи и редуктора) около 100, мощность электродвигателя (в зависимости от типа дробилки) 7-14 кВт. Вспомогательным приводом механизм дробилки «трогается с места». В этот момент включается главный электродвигатель. Когда частота вращения вала главного электродвигателя превысит частоту вращения ведомого вала редуктора, вспомогательный привод автоматически отключается.

## Расчет щековой дробилки

Определение угла захвата, скорости эксцентрикового вала и определение мощности электродвигателя. Для расчета задаемся следующими данными;

$$D_{\max}=0.2\text{м} \quad D_{\text{вал}}=0.07\text{м} \quad D_{\min}=0.05$$

Определяем выходное отверстие камеры дробления.

$$B > D_{\max}/0.85 = 0.2/0.85 = 0.235\text{м}$$

Принимаем размер следующий

$$B = 0.25\text{м}$$

$$b = d_{\max}/1.2 = 0.07/1.2 = 0.058\text{м}.$$

Принимаем размер выходного отверстия  $b = 0.06\text{м}$ .

$$\text{Наивысшая точка движения щек. } P_{\text{в}} = (0.06 - 0.03) \quad P_{\text{н}} = 7 + 0.16$$

Для щековых дробилок с простым качанием щеки формула имеет вид.

$$P_{\text{в}} = (0.01 + 0.03)$$

$$P_{\text{н}} = 8 + 0.26$$

$$P_{\text{в}} = 0.05B = 0.05 * 0.25 = 0.0125\text{м}$$

$$P_{\text{н}} = 7 + 0.1b = 7 + 0.1 * 0.06 = 7.006\text{мм}$$

$$P_{\text{н}} = 0.013$$

1-неподвижная щека

2-подвижная щека

Схема определения угла захвата щековой дробилки.

Мы знаем что он меньше или равняется углу трения

2 ф или  $\alpha < 2 \text{ ф}$ .

Угол трения  $f=0.25$   $\Phi = \arctg$   $0.25 = 14^\circ$   $23'$

Принимаем угол захвата

$$\alpha = 20^\circ$$

Скорость эксцентрикового вала определяем по формуле

$$n = 1 \sqrt[3]{(d \text{тга} \backslash S n)}$$

$$n = 1 \sqrt[3]{(9.81 * 0.364) \backslash 2 * 0.015} = 5.45 \text{с}^{-1} = 327 \text{об/мин}$$

Размеры загрузочного отверстия определяем по формуле.

$$L = \chi = \frac{Q}{150 n d_{\text{max}} - P_m}$$

здесь  $M = 0.4 * 0.6$

Q-производительность щековой дробилки принимаем  $Q = 20 \text{м}^3$

Подставляем значения.

$$L = \frac{20}{150 * 294 * 0.07 * 0.015 * 0.5} = 0.864 = 0.9 \text{м}$$

Глубина камеры  $= (2 \div 2.5) = 0.25 = 0.5 \text{м}$

Высота камеры дробления равна.

$$H = \frac{(B - (b + Pn))}{\text{тга}} = \frac{[0.25(0.06 + 0.013)]}{0.364} = 0.492 \text{м}$$

Таким образом, камера дробления имеет размеры;

длина  $L = 0.92 \text{м}$

глубина  $0.5 \text{м}$

высота  $0.49 \text{м}$

Мощность электродвигателя определяем по формуле.

Подставляем значения, получаем мощность электродвигателя.

$$N = 720 * 0.9 * 0.5 * 0.012 * 4.9 = 19.05 \text{Квт.}$$

По полученным данным по каталогу выбираем щековую дробилку типа.

С М D-31 (с-182Б) с простым движением щеки.

Производительность м<sup>3</sup>/ч 53-12

Размеры загрузочного отверстия мм 250x400.

Размер загружаемых кусков мм до 210.

Ширина разгрузочной щели мм 20-80

Угловая скорость эксцентрикового вала об/мин 275.

Мощность электродвигателя. Квт 25