

Камнедробильные заводы

Основные процессы работы камнедробильных заводов

Основные каменные дорожно-строительные материалы получают путем переработки горных пород на камнедробильных заводах (КДЗ).

Переработка состоит из дробления, сортировки, промывки и обогащения щебня, гравия, песка.

Дробление и измельчение - уменьшение размеров кусков (зерен) горной массы посредством механического разрушения. Принято считать, что при дроблении получают продукты преимущественно крупные, а при измельчении менее 0,5 мм. Для измельчения используют мельницы (шаровые, стержневые), а для дробления - дробилки (щековые, конусные, валковые, молотковые).

Сортировка (грохочение) - разделение продуктов переработки по крупности на грохотах.

Промывку щебня и гравия производят с целью удаления комовой глины, пылеватых и глинистых частиц. Промывку производят на грохотах или в машинах - мойках.

Классификацию и обогащение песков используют для доведения зернового состава до требований Государственных стандартов, выполняя эти операции в гидроклассификаторах и гидроциклонах.

Выбор способов дробления

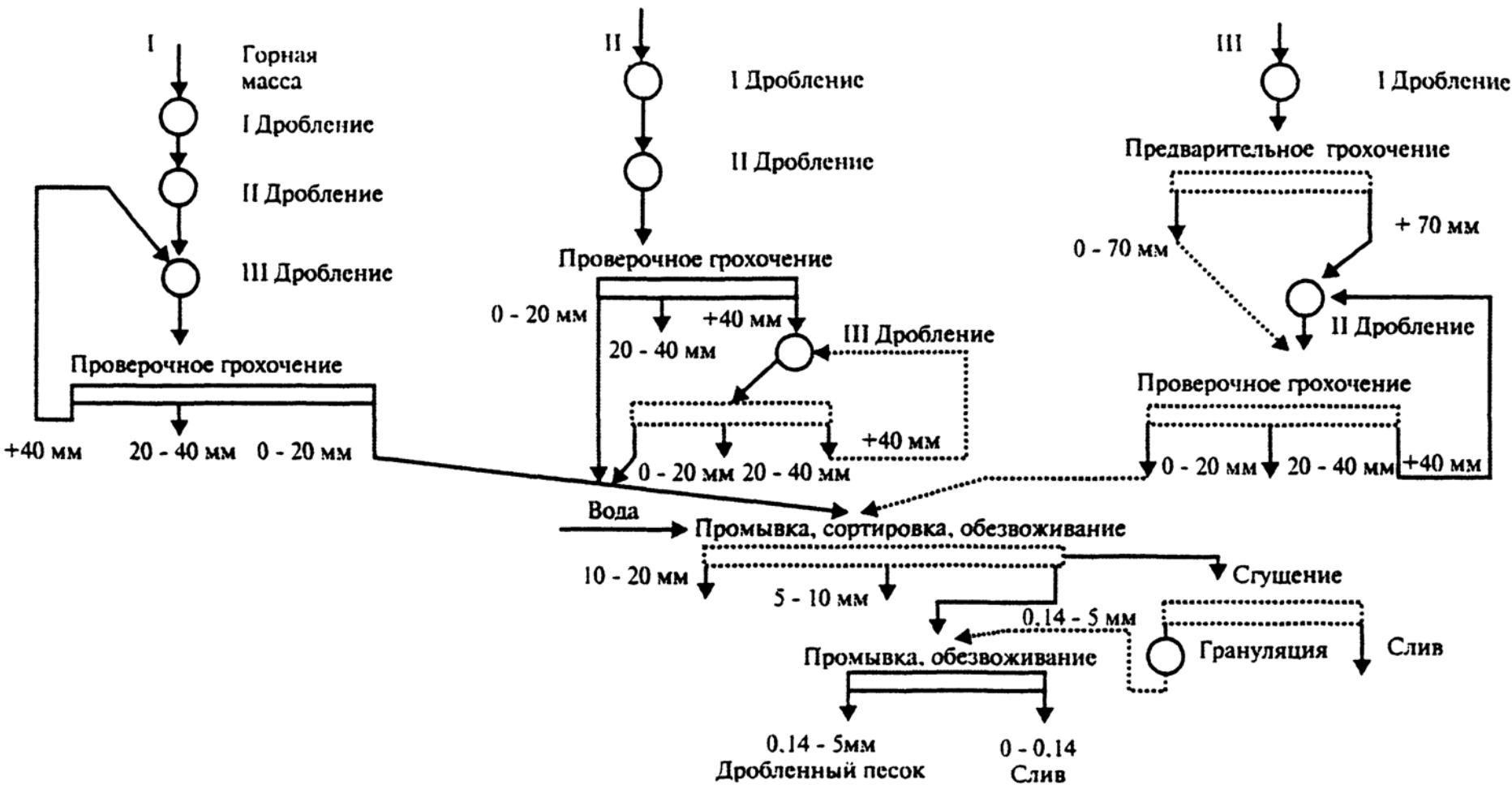
Способ дробления горной породы зависит от физико-механических свойств дробимого материала и крупности его кусков. Способность горных пород противостоять разрушению зависит от прочности, наличия трещин, способов воздействия на них разрушающих усилий.

Наибольшее сопротивление горные породы оказывают раздавливанию, меньшее - изгибу и особенно растяжению.

В настоящее время применяют дробилки, работающие главным образом по принципу раздавливания и удара при добавочных истирающих и изгибающих воздействиях на дробимый материал.

Технологические схемы камнедробильных заводов (КДЗ) многообразны и зависят в первую очередь от прочности камня и загрязнения вредными примесями. При выборе технологической схемы производства на КДЗ учитывают тип перерабатываемой горной породы:

- I - однородные магматические горные породы (граниты, диориты, сиениты и др.) с пределом прочности при сжатии 600 МПа и более, метаморфические (осадочные) породы с прочностью 60-250 МПа;
- II - прочные однородные осадочные породы с пределом прочности при сжатии 60-200 МПа;
- III - неоднородные малоабразивные породы с прочностью 10-150 МПа с содержанием трудно-промываемых включений.



Технологическая схема дробления, сортировки, промывки:

I - при переработке особо прочных чистых пород; II - при переработке осадочных пород; III - неоднородные малогабаритные породы; знак + означает размер зерен крупнее указанного

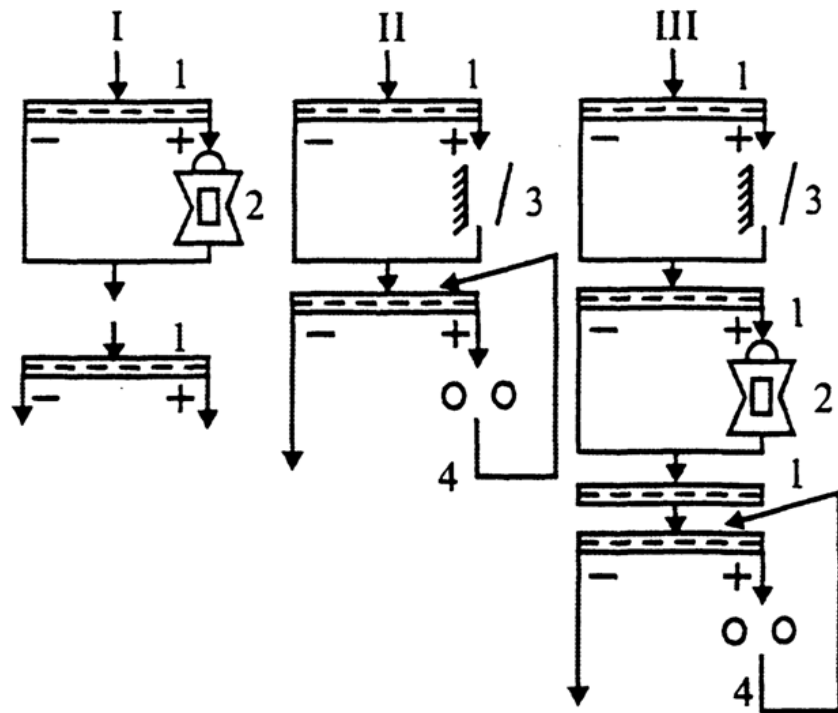
Степень дробления и измельчения

Количественной характеристикой процесса дробления служит степень дробления, показывающая, во сколько раз уменьшились куски материала при дроблении или измельчении. Со степенью дробления связаны расходы энергии и производительность дробилок. Степень дробления i определяется по формуле

$$i = \frac{D_{\max}}{d_{\max}},$$

D_{\max} - наибольший диаметр куска до дробления;
 d_{\max} - наибольший диаметр куска после дробления.

Для конкретных дробилок в технических паспортах приводится график выходов сортов щебня в зависимости от ширины выходной щели дробилки для условно принятой плотности горной породы. Например, для получения размера щебня 20 мм при куске, подаваемом в дробилку размером 800 мм, $i = 800/20 = 40$. Это значит, что кусок надо раздробить на 40 частей. Получение таких высоких степеней дробления в одной дробилке практически невозможно, поскольку каждая дробилка работает только при ограниченной степени дробления. Рационально дробить материал от большего размера до требуемого в нескольких последовательно расположенных дробилках.



Схемы дробления: I - одностадийная; II - двухстадийная; III - трехстадийная; 1 - грохот; 2 - конусная дробилка; 3 - щековая дробилка; 4 - валковая дробилка

В материалах, поступающих на дробление, всегда имеются куски мельче того размера, до которого идет дробление в данной стадии. Такие куски выделяют из исходного материала исходя из принципа «не дрови ничего лишнего». Дробилки могут работать в открытом или замкнутом циклах. При открытом цикле материал проходит через дробилку один раз и в конечном продукте всегда присутствует некоторое количество кусков избыточного размера. При замкнутом цикле материал неоднократно проходит через дробилку.

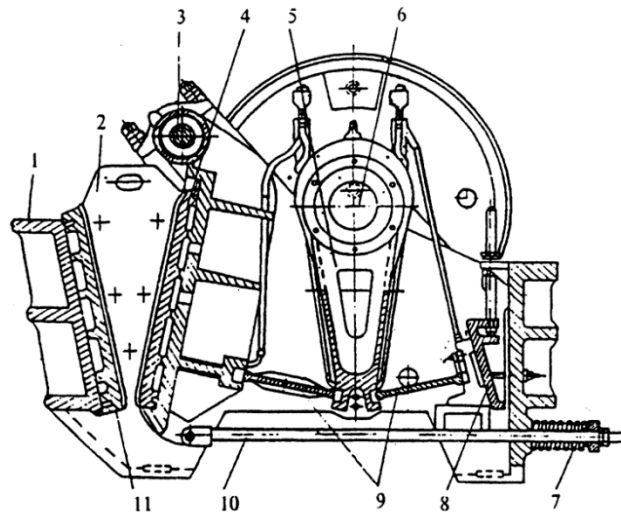
Раздробленный материал подается на грохот, выделяющий из него куски избыточного размера, которые возвращаются для повторного дробления в ту же или вторичную дробилку.

Механизация технологических процессов

Основное технологическое оборудование для производства щебня из природного камня: камнедробилки, дробильно-сортировочные установки, грохоты, мельницы.

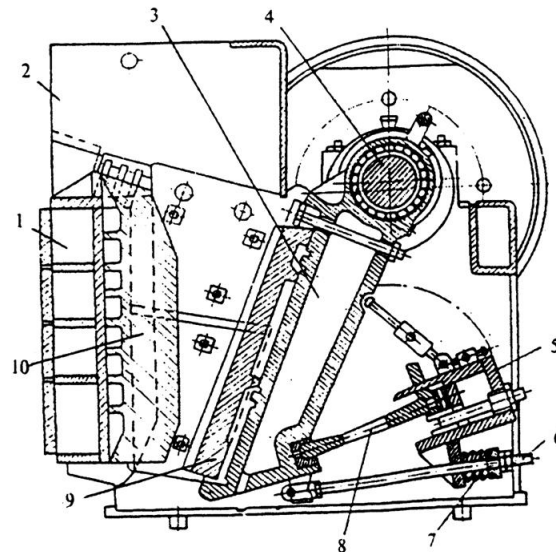
Технологическое оборудование для дробления и измельчения по технико-конструктивным признакам и основному методу дробления, производимому в них, подразделяются на пять классов: дробилки щековые, конусные, валковые, ударно-молотковые роторные, барабанные мельницы.

Процесс разрушения материалов в щековых дробилках производится раздавливанием, а в некоторых конструкциях частично и истиранием между дробящими плитами - подвижными и неподвижными щеками. Промышленность выпускает щековые дробилки с простым и сложным движением подвижной щеки относительно оси подвеса. Щековые дробилки отличаются простотой конструкции и несложным уходом при эксплуатации. К недостаткам этих дробилок следует отнести большую массу движущихся деталей, что предопределяет необходимость устройства массивных фундаментов для их монтажа. Техническая характеристика щековых дробилок приведена в таблице.



Щековая дробилка с простым движением щеки:

1 - станнина; 2 - футеровка боковых стенок; 3 - ось; 4 - подвижная щека; 5 - шатун; 6 - эксцентриковый вал; 7 - пружина; 8 - задний упор; 9 - распорные плиты; 10 - тяга; 11 - неподвижная дробящая плита



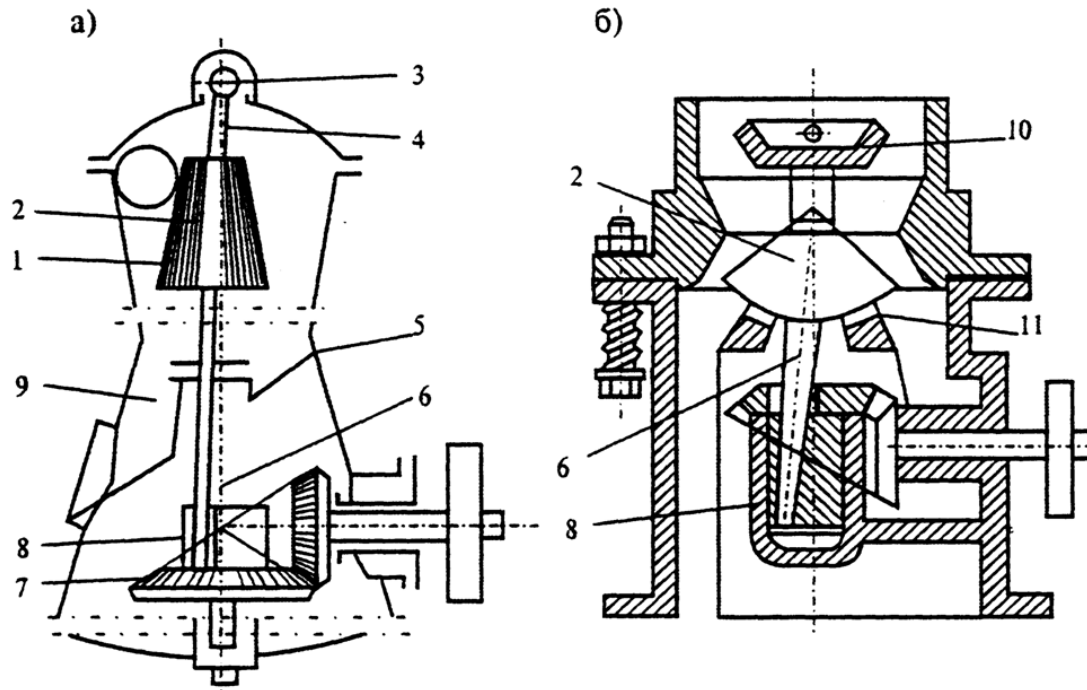
Щековая камнедробилка со сложным движением щеки:

1 - передняя стенка станины; 2 - защитный кожух; 3 - подвижная щека; 4 - эксцентриковый вал; 5 - задняя балка; 6 - тяга; 7 - пружина; 8 - распорная плита; 9 - подвижная плита; 10 - неподвижная плита

Техническая характеристика щековых дробилок отечественного производства

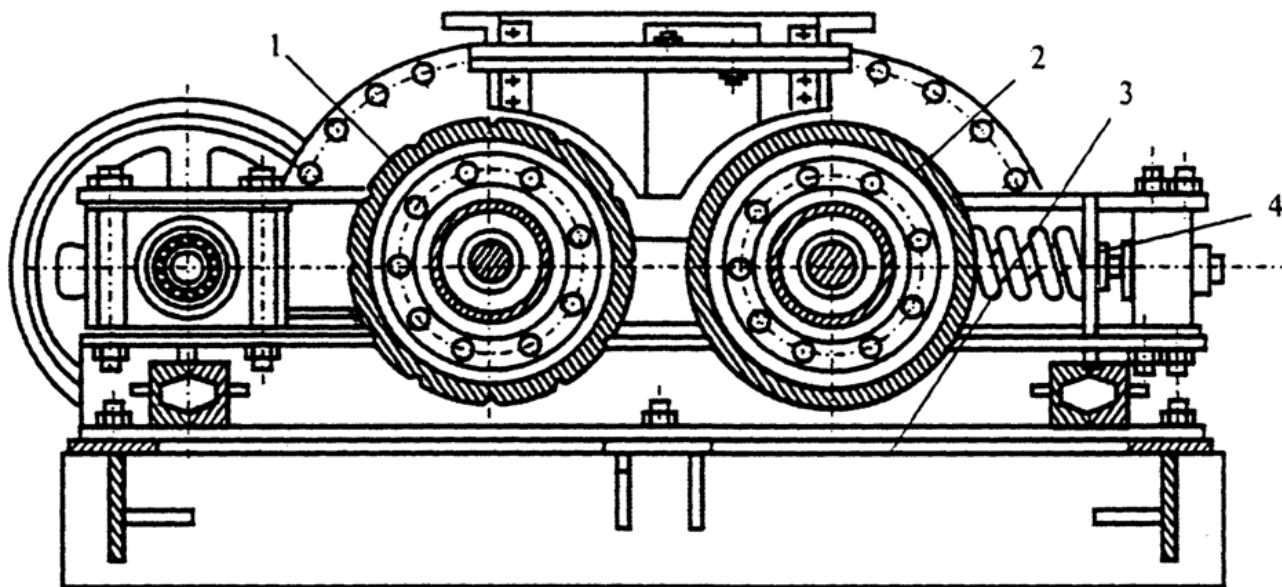
Показатели	Дробилки со сложным движением щеки				Дробилки с простым движением щеки		
	ДЩ-180	СМ-165А	СМ-166А	СМ-16Д	СМ-204Б	СМД-59А	СМД-60А
Размеры приемного отверстия, мм	180×250	160×250	250×900	600×900	600×900	1200×1500	1500×2100
Наибольшая крупность исходного материала, мм	170	140	210	510	510	1000	1300
Угол захвата, град, не более	15	15	15	19	19	20	20
Номинальная выходная щель, мм	30	30	40	100	100	150	180
Минимальный диапазон изменения выходной щели, %, не менее	+50	+50	+50	+30	+50	+25	+25
Производительность при номинальной щели, м ³ /ч	1,5	2,8	14	55	50	280	550
Мощность электродвигателя, кВт, не более	7,5	10	40	75	75	160	250
Масса камнедробилки без электродвигателя, кг	1100	1500	8000	20000	27000	140000	240000
Габаритные размеры, мм, не более:							
длина	1800	1000	1700	2700	3900	6400	7500
ширина	930	1000	1700	2600	2500	6800	7000
высота	1100	1100	2300	2500	3000	5000	6000

Конусные дробилки служат для измельчения каменных материалов средней и большой твердости и предназначены для крупного и мелкого дробления. Процесс дробления в них в отличие от щековых дробилок происходит непрерывно. Отечественные дробилки имеют ширину загрузочного кольцевого отверстия 300-1500 мм и нижний диаметр внутреннего дробящего конуса 600-2100 мм. Максимальная крупность загружаемых в дробилку камней не должна превышать 75-80 % ширины загрузочного отверстия.



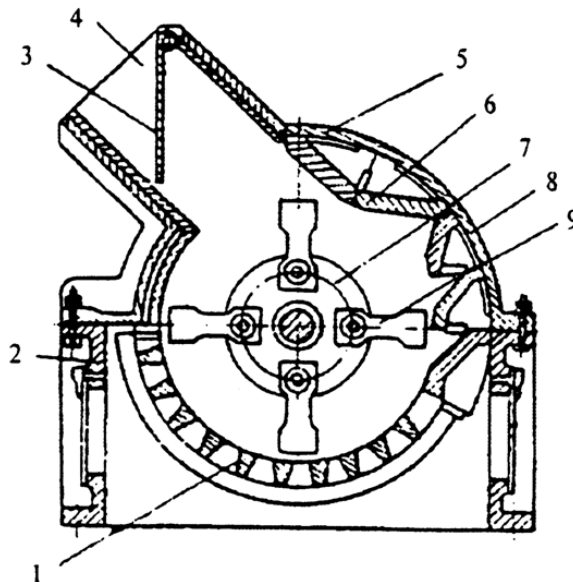
Конусные дробилки: а - с крутым конусом; б - с пологим конусом; 1 - внешний неподвижный конус; 2 - внутренний подвижный конус; 3 - шаровая пята; 4 - траверса; 5 - наклонный желоб; 6 - ось; 7 - коническая передача; 8 - эксцентриковый стакан; 9 - станина; 10 - питатель; 11 - шаровой подпятник

Валковые дробилки служат для измельчения мягких пород, а также для вторичного дробления каменных материалов средней и большой твердости. Производительность их колеблется от 10 до 100 м³/ч. Отечественная промышленность выпускает валковые дробилки с гладкими и рельефными валками диаметром 400-1500 мм и длиной, составляющей 40-100 % их диаметра.



Валковая камнедробилка: 1 - рама; 2 - ведущий валок; 3 - ведомый валок; 4 - пружина
Молотковые и роторные дробилки относятся к дробилкам ударного действия. В молотковых дробилках камень измельчается силой ударов, нанесенных молотками. Молотковая дробилка состоит из ротора, к дискам которого шарнирно на эксцентриковых пальцах прикреплены молотки.

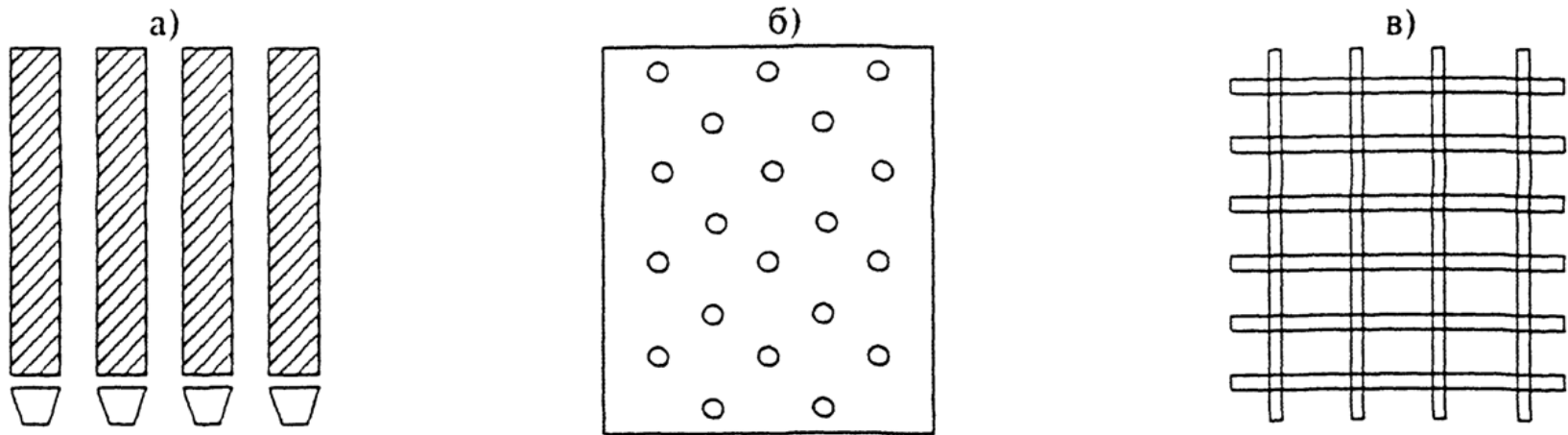
Они служат для дробления известняков и хрупких каменных материалов с прочностью на сжатие до 150 МПа. Производительность дробилок 3-400 м³/ч. Дробилки изготавливают с загрузочным отверстием шириной до 1400 мм, что позволяет загружать камни крупностью до 1100 мм. В роторных дробилках материал разрушается за счет кинетической энергии жестко закрепленных на роторе движущихся тел. Промышленность выпускает одно- и двухроторные дробилки. В двухроторных дробилках первый ротор имеет два молотка, предназначенных для первичного дробления, а второй с четырьмя молотками обеспечивает окончательное измельчение материала. Производительность двухроторных дробилок выше, чем однороторных в 1,5 раза и достигает 600 м³/ч.



Молотковая камнедробилка: 1 - колосниковая решетка; 2 - станина; 3 - шторка; 4 - загрузочное отверстие; 5 - крышка; 6 - отбойные (броневые) плиты; 7 - ротор; 8 - корпус; 9 - молотки

Для помола каменных материалов и получения из них минерального порошка используют шаровые (стержневые) мельницы. Измельчение материала обеспечивается истиранием, раздавливанием и частично ударами металлических шаров (стержней), загружаемых вместе с измельчаемым материалом внутрь вращающегося барабана.

В технологии переработки материал разделяется на классы по крупности. Технологическое оборудование для этой цели основано на механическом или гидравлическом принципах действия. При механическом разделении каменных материалов на фракции применяют сортировочные машины - грохоты с отсеивающей поверхностью в виде колосников, решет, сит.



Просеивающие поверхности грохота: а - колосники; б - решето; в - сито

Различают грохоты цилиндрические и плоские, неподвижные и подвижные. Грохоты могут иметь одну, две или более просеивающих поверхностей. К неподвижным относятся колосниковые решетки, перекрывающие бункеры, а также колосники, установленные перед дробилками. Колосниковые решетки размещают горизонтально или с углом наклона до 12° для отделения крупных включений и с углом наклона $45-55^\circ$ для отделения мелких включений.

Подвижные плоские грохоты подразделяются на колосниковые, качающиеся с возвратно-поступательным движением и эксцентриковые качающиеся, инерционные. Качающиеся грохоты сортируют материал путем перемещения его по ситам. Эти грохоты часто используются при просеивании песка. Эксцентриковые грохоты выполняются качающимися, но характер движения их подвижной рамы круговой.

Инерционные грохоты обеспечивают сортировку материала посредством вибрации, возникающей под действием сил инерции вращающихся неуравновешенных масс.

Получаемые в карьерах гравий и песок часто содержат органические и неорганические примеси. Когда загрязненность таких материалов велика и содержащиеся в них примеси легко отделить, промывку производят в процессе сортирования на грохотах. При большом содержании примесей и тогда, когда их сложно отделить, используют моечные машины.

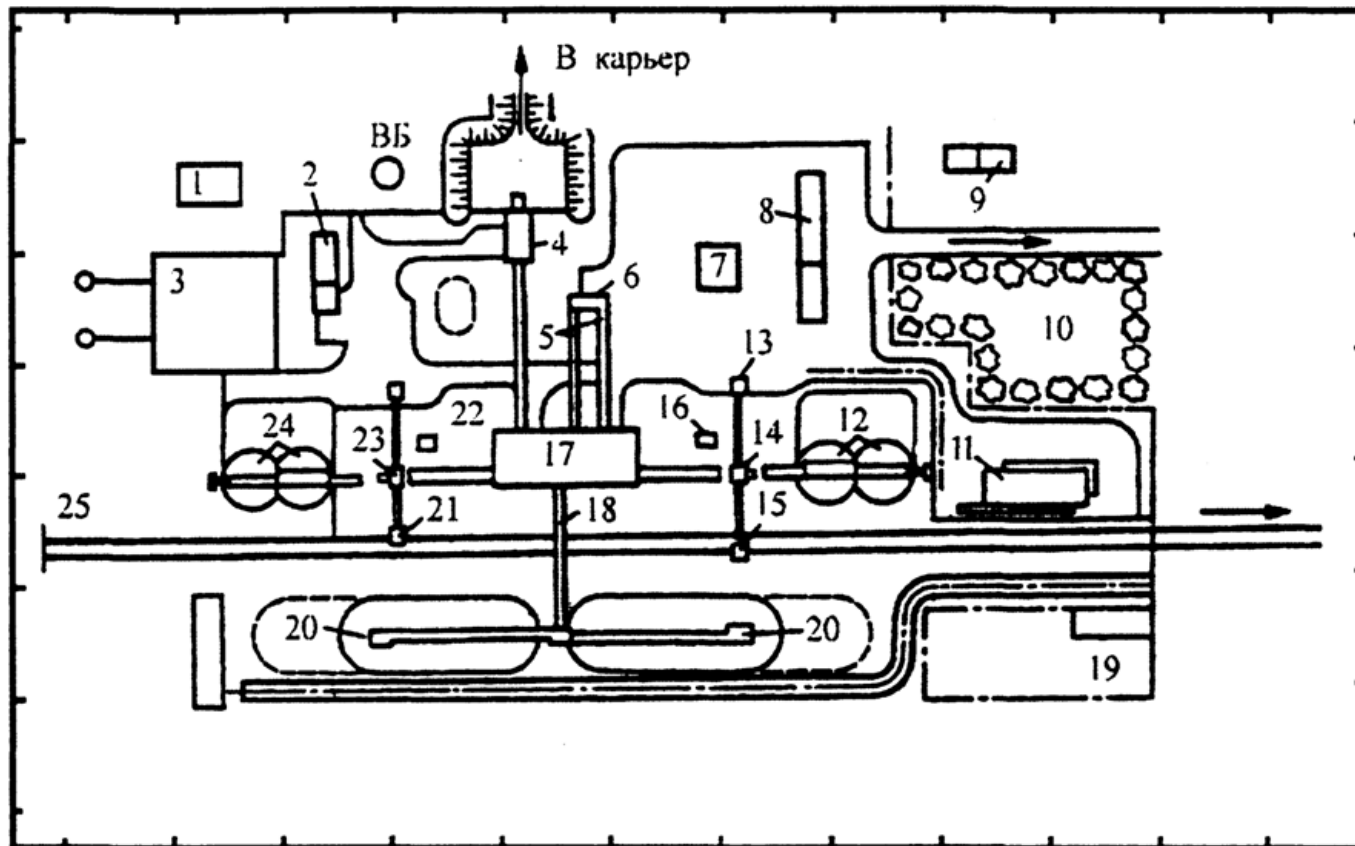
Генеральный план КДЗ

Выбор места и разработка генерального плана камнедробильного завода производится с учетом климата, рельефа местности, близости к карьерам и других факторов. Отделения КДЗ с повышенным выделением пыли следует размещать с подветренной стороны по отношению к зданиям и помещениям, в которых работают люди (административное здание, лаборатория, ремонтно-механическая мастерская, зона отдыха и др.).

Место размещения завода определяют с учетом перспективной деятельности КДЗ и возможности его расширения и увеличения мощности. Отделения и цехи размещают в соответствии с принятой технологией работы и санитарными и противопожарными нормами. Пожарные участки технологических линий КДЗ оборудуют средствами пожаротушения по согласованию с местной пожарной инспекцией. Расстояние между зданиями и сооружениями должно соответствовать противопожарным нормам, безопасности передвижения людей по территории завода.

Площадка завода должна быть с небольшим уклоном, обеспечивающим сток ливневых и сточных вод.

Уровень основных технических решений вновь строящихся КДЗ должен базироваться на современных технологических схемах переработки и обогащения каменных материалов в зависимости от длительности пребывания завода на одном месте.



Генеральный план гравийно-песчаного КДЗ с отдельной выдачей гравия и песка:

- 1 - пожарный сарай; 2 - котельная, душ и гардероб; 3 - склад топлива, масла, бензозаправочные колонки; 4 - отделение первичного дробления; 5 - транспортер; 6, 14, 15, 23 - перегрузочные узлы; 7 - лаборатория; 8 - контора и диспетчерская; 9 - туалет; 10 - площадка отдыха; 11 - РММ; 12 - склад щебня; 13 - погрузочный бункер для автомобилей; 16, 22 - пульт управления; 17 - отделение вторичного дробления, промывки, сортировки; 18 - транспортер; 19 - охрана; 20 - склад песка; 21 - узел погрузки на железнодорожные платформы; 24 - склад гравия; 25 - железнодорожный тупик

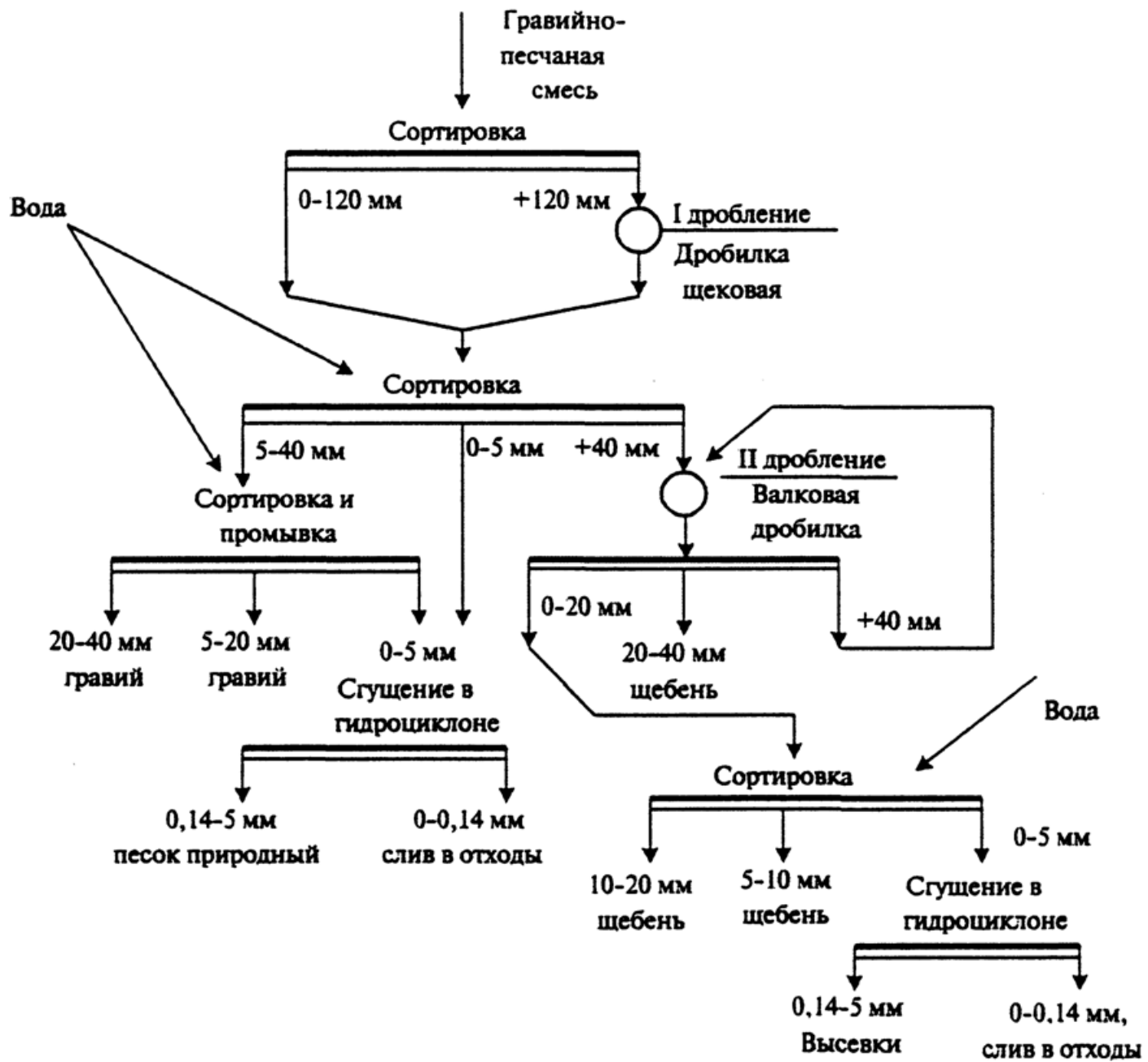
Переработка гравийно-песчаных материалов

Гравийно-песчаный материал — это рыхлая обломочная горная порода, получившаяся в результате разрушения метаморфических, магматических и осадочных горных пород.

Процесс переработки гравийно-песчаного материала в целях получения готовой продукции (щебня, гравия, песка), отвечающей требованиям стандартов, зависит от петрографического состава исходного материала, содержания глины, пылеватых частиц, требуемого ассортимента готовой продукции и др.

Технологическая схема гравийно-сортировочных заводов включает следующие операции: сортировку, промывку, классификацию и обогащение песка, обогащение щебня и гравия по прочности и форме зерна.

Легкопромываемой называют смесь, которую промывают на вибрационных грохотах посредством мокрой сортировки, а для промывки труднопромываемой смеси в технологической схеме необходимо предусмотреть специальные промывочные машины. При большом количестве гравийно-песчаной смеси, гальки и валунов в технологическую схему переработки гравийно-песчаного материала включают операции дробления.



Технологическая схема переработки гравийно-песчаной смеси

Приготовление дробленого песка

Для строительных работ используют дробленый песок, приготовленный из скальных горных пород и гравия с использованием специального дробильно-сортировочного оборудования; дробленый песок из отсева продуктов дробления горных пород при производстве щебня.

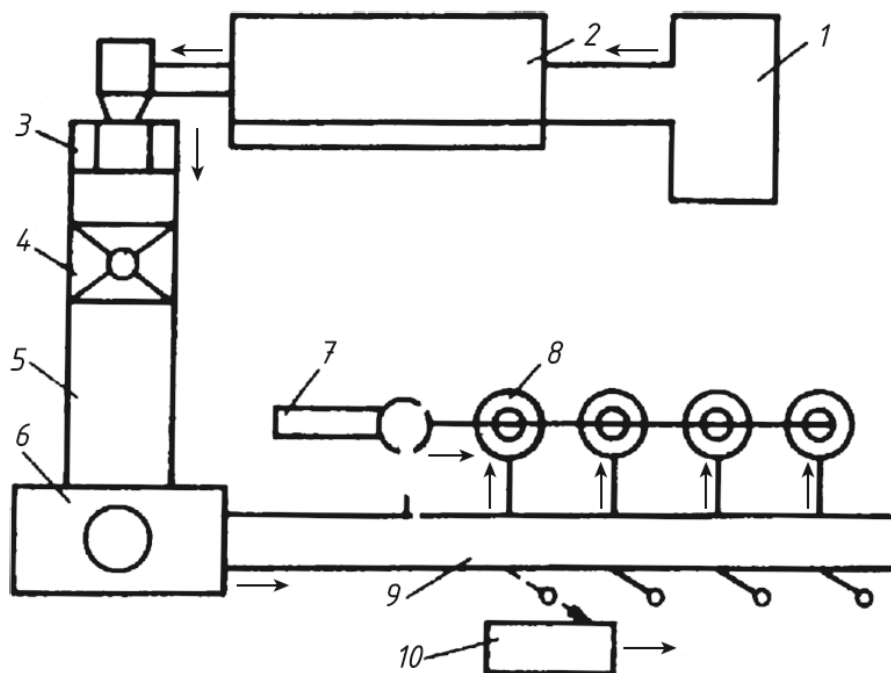
Эти пески с улучшенным зерновым составом получают при использовании специального обогатительного оборудования и поставляют без разделения по размерам.

Применяемые для производства дробленых песков изверженные и метаморфические горные породы имеют предел прочности не менее 60 МПа. При приготовлении песка из продуктов дробления неоднородных плотных осадочных и метаморфических пород возможно применение только отсевов, получаемых после второй и последующих стадий дробления.

Массовая доля зерен крупнее 5 мм не должна превышать 10%, пылевидных частиц, определяемых отмучиванием, — не более 1...2%, глины в комках — не более 0,10...0,20%. Дробленый песок применяют в беспесчаных районах и в качестве добавки при приготовлении цемента- и асфальтобетонных смесей.

Измельчение исходного материала осуществляют мокрым или сухим способом. Сухой способ эффективен при переработке горных пород, не содержащих глины. Измельчение производят в стержневых мельницах.

Пески, полученные измельчением в стержневых мельницах, относят к средним или крупным. Если необходим сортовой песок, его готовят по схемам, аналогичным для песчано-гравийных заводов.



Технологическая схема одностадийного приготовления дробленого песка:

1 — подача сырья; 2 — стержневая мельница; 3 — грохот; 4 — бункер; 5 — транспортер; 6 — компрессор; 7 — силовая установка; 8 — силосы для песка; 9 — аэрожелоб; 10 — автомобиль-самосвал

Производство минерального порошка для асфальтобетона

Минеральный порошок — материал тонкого помола, приготовленный измельчением известняков, доломитов, доломитезированных известняков и других карбонатных пород, удовлетворяющих требованиям ГОСТа.

В настоящее время получает распространение активированный минеральный порошок, обработанный в процессе приготовления поверхностно активными веществами в смеси с битумом. Активированные минеральные порошки лучше смачиваются битумом и не смачиваются водой, обладают пониженной пористостью и битумоемкостью.

Технологический процесс производства минерального порошка может осуществляться в цехах асфальтобетонного завода или на специализированных заводах и базах.

Минеральный порошок, приготовленный на специализированном заводе, более высокого качества за счет использования совершенного высокопроизводительного оборудования, строгого выполнения технологического процесса, возможности автоматизации процесса производства.

В состав завода входят цеха: дробильный, сортировочный, сушки, помольный. При приготовлении активированного порошка создают цеха: битумный, приготовления добавок, смесительный и склад готовой продукции.

Технология приготовления активированного минерального порошка включает следующие операции:

- просушивание минеральных материалов в сушильных барабанах;
- нагрев битума и ПАВ до рабочих температур;
- дозирование просушенного материала и активирующей смеси;
- перемешивание минерального материала с активирующей смесью в смесителях любого типа (предпочтительно принудительного действия);
- подачу минерального материала, объединенного с активирующей смесью, в помольную установку;
- измельчение минерального материала до требуемой тонкости помола;
- подачу готового активированного минерального порошка в накопительные бункера или на склад.

Минеральный порошок удовлетворяет требованиям ГОСТа, если частиц мельче 0,071 мм более 80%.

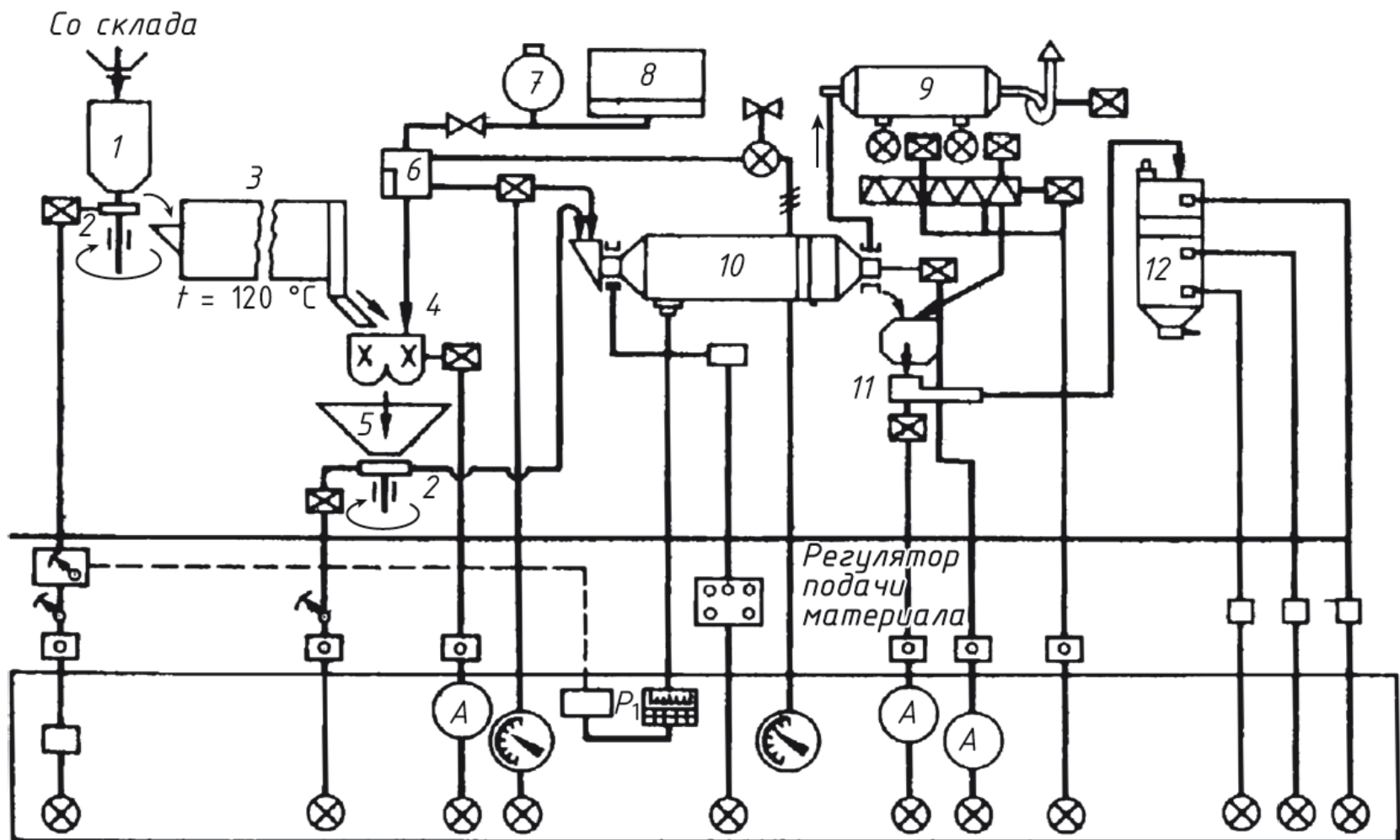


Схема автоматизированного производства минерального порошка:
 1 — расходный бункер; 2 — тарельчатый питатель; 3 — сушильный барабан;
 4 — лопастной смеситель; 5 — сборный бункер; 6 — дозатор; 7 — емкость для ПАВ; 8 — установка для обезвоживания и нагрева битума; 9 — сепаратор и обеспыливающая установка; 10 — шаровая мельница; 11 — винтовой пневматический насос; 12 — накопительный бункер готовой продукции

Технологические процессы обогащения и улучшения каменных материалов

Современные процессы обогащения и улучшения каменных материалов разделяются на следующие основные виды: промывка, гидравлическая классификация, обогащение щебня по форме зерен, обезвоживание, обогащение щебня и гравия по прочности, обогащение щебня в тяжелых средах.

Промывка. Для повышения качества щебня в технологические схемы КДЗ включают промывку материала в две-три стадии. В месторождениях изверженных и метаморфических пород глинистые включения отсутствуют, поэтому в технологических операциях переработки таких пород промывку предусматривают только при значительном содержании пылеватых частиц.

В месторождениях осадочных пород и гравийно-песчаном материале практически всегда присутствует глина и пылеватые частицы, содержание которых превышает допустимые пределы. Процесс промывки основан на способности глины разрушаться в водной среде, в результате чего она может быть отделена от сырья и удалена в слив.

В зависимости от удельного расхода энергии для промывки того или иного материала можно выбрать тип промывочной машины.

Легкопромываемые материалы, на промывку которых расходуется мало энергии, могут быть промыты на плоских виброгрохотах с брызгалами.

Для труднопромываемых материалов необходимы сложные промывочные машины с интенсивным воздействием: гравимойки - сортировки, грохоты, вибрационные вибромойки и вибрационные плоские грохоты; корытные наклонные и горизонтальные мойки.

Гидравлическая классификация. Процесс разделения зерен в жидкости по скоростям их падения осуществляют в классификаторах.

Крупность материала, подвергаемого гидравлической классификации, не превышает 5 мм. Классификация происходит в вертикальных и горизонтальных струях воды. Кроме гидравлических и механических применяют спиральные классификаторы, представляющие собой короб, основной рабочей частью которого является спиральное устройство.

При вращении спирали песок, поступающий вместе с водой, взмучивается, слив, содержащий мелкие частицы, отводится в

нижнюю часть короба через сливной порог, а крупные частицы отправляются спиралью к верхнему загрузочному окну. Спиральные классификаторы отличаются простотой, большой производительностью и эффективностью.

Гидравлические классификаторы относят к группе гравитационных аппаратов, в которых вода служит средой, разделяющей зернистый материал на сорта по крупности. Применяют горизонтальные и вертикальные классификаторы.

Процесс гидроклассификации осуществляется по схеме, представленной на рисунке. Песчано-графийную смесь подают в классификатор через нижний патрубок 6, затем она, пройдя диффузор 3, поступает в обогатительную камеру 2, площадь сечения которой намного больше площади верхнего сечения диффузора. Скорость восходящего потока смеси здесь значительно уменьшается, что влечет за собой выпадение наиболее крупных частиц, которые попадают из обогатительной камеры 2 в классификационную 4, которая расположена между диффузором 3 и внешней оболочкой аппарата. В нижнюю часть камеры 4 подают из водонапорной башни чистую воду под напором через патрубок 5. Вода образует в камере восходящий поток, в котором материал разделяется по заданному граничному зерну.

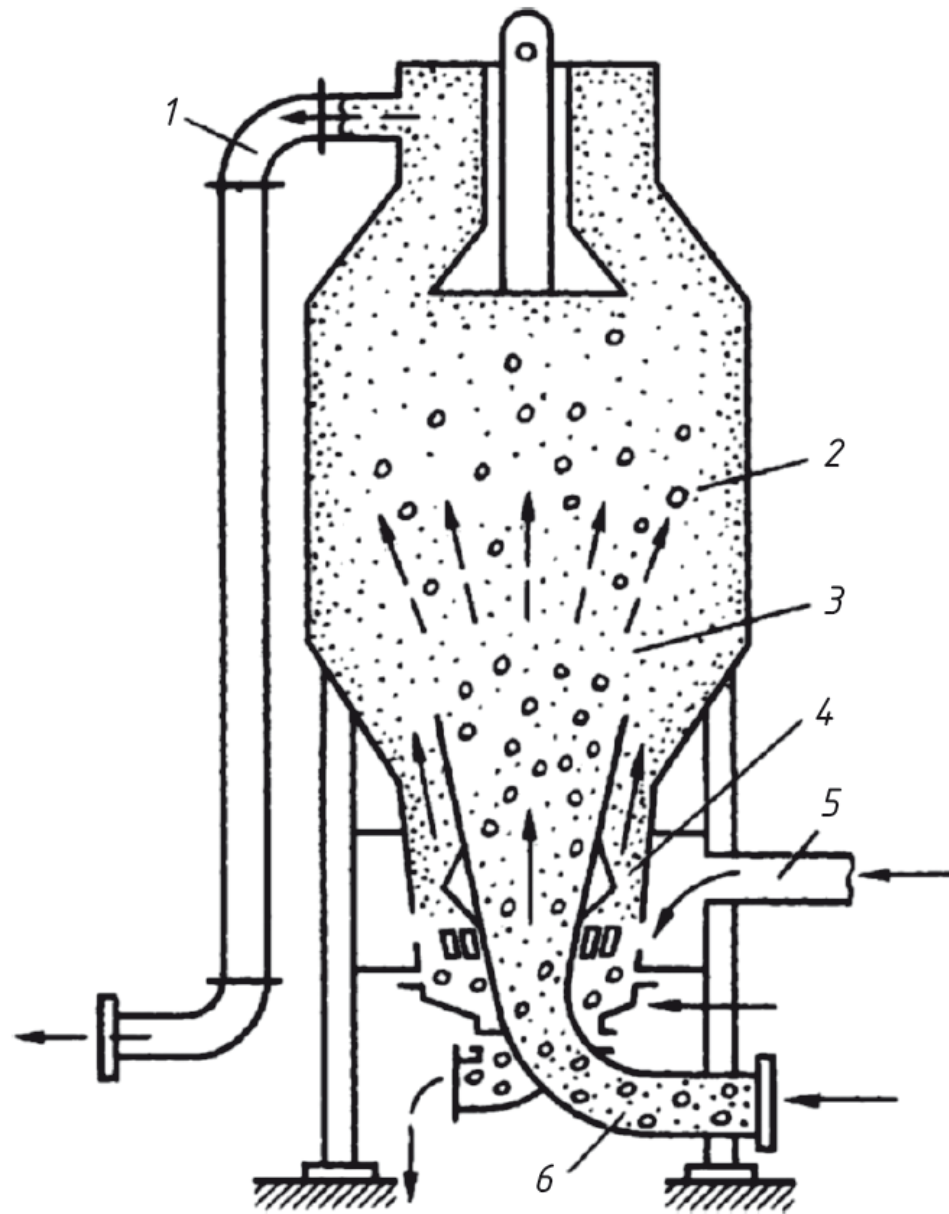


Схема промывки и классификации песчано-гравийной смеси в вертикальном гидрокласификаторе

Частицы песка, скорость падения которых меньше скорости восходящего потока, через верхний сливной коллектор по трубе 1 отводятся в шлам, а крупный материал, выпавший из классификационной камеры 4, обезвоживается и транспортируется в склад. Материал разделяется на два размера по одному граничному зерну. Граница раздела — в пределах от 0,5 до 3 мм.

Обогащение щебня по форме зерен. Щебень кубовидной формы получают в виброгрохотах со щелевидными ситами, грануляцией щебня в роторных дробилках ударного действия и в барабанных грануляторах.

Стандарты на щебень из натурального камня для строительных работ ограничивают в нем массовую долю пластинчатых и игольчатых зерен до 25%, а в некоторых случаях и до 15%. К зернам пластинчатой игловатой формы относят также зерна, толщина или ширина которых менее длины в 3 раза и более.

Способ обогащения по форме зерен состоит в следующем. Продукт дробления рассеивают на узкие сорта, которые подвергают сортировке на щелевидных ситах.

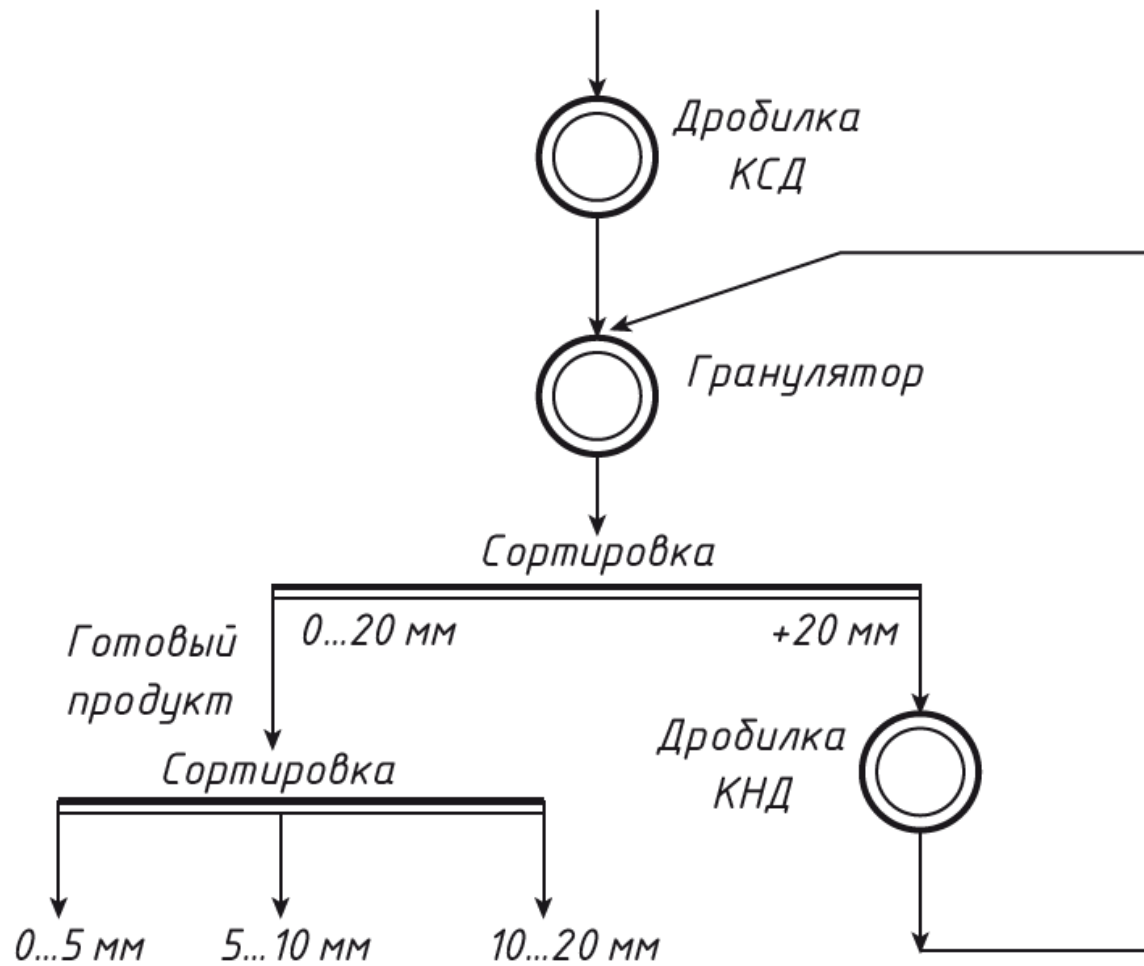


Схема обогащения щебня по форме зерен
 в барабанном грануляторе

Схема работы дробильно-сортировочной установки



Стационарные дробильно-сортировочный комплексы



Мобильные и полустационарные дробильно-сортировочные комплексы

