

Строительные материалы



к.т.н., доцент Ольховая Л.И.
кафедра «Здания и сооружения на транспорте»
РОАТ МИИТ

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Классификация основных свойств

Физические (удельные и структурные характеристики, гидрофизические, теплофизические, акустические, электрические); **Механические** (деформативные и прочностные); **Химические**; **Биологические**; **Интегральные** (долговечность и надежность)

Физические свойства материалов

Истинная плотность ρ (г/см³) – масса m единицы объема V_a материала в абсолютно плотном состоянии без пор и пустот:

$$\rho = \frac{m}{V_a}$$

Средняя плотность ρ_o (кг/м³) – масса m единицы объема V_o материала в естественном состоянии вместе с порами и пустотами:

$$\rho_o = \frac{m}{V_o}$$

Насыпная плотность ρ_n (кг/м³) – отношение массы материала в насыпном состоянии к его объему.

Пористость – относительная величина (обычно в процентах), показывающая, какая часть объема материала занята внутренними порами или пустотами (пустотность). Различают **общую**, **открытую** и **закрытую** пористость.

$$П = \left(1 - \frac{\rho_o}{\rho}\right) \cdot 100$$

Открытая пористость $П_o$ определяется по водопоглощению. Закрытая пористость $П_z$ равна разности $П$ и $П_o$.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Классификация основных свойств

Гидрофизические свойства

Гигроскопичность – свойство пористого материала поглощать водяной пар из воздуха.

Влажность – относительное содержание воды в материале в процентах.

Водопоглощение – способность материала впитывать и удерживать воду при непосредственном контакте с ней.

Влажностные деформации – это усадка и набухание. **Усадка(усушка)** – уменьшение объема и размеров материала при его высыхании. **Набухание (разбухание)** – увеличение объема и размеров материала при его увлажнении.

Водопроницаемость – способность материала пропускать воду через свою толщу. Характеризуется величиной **коэффициента фильтрации K_f** (м²/ч).

Водонепроницаемость – способность материала не пропускать воду, и она связана с коэффициентом фильтрации обратной зависимостью.

Водостойкость характеризуется **коэффициентом размягчения K_r** . К неводостойким материалам относят материалы с K_r менее 0,6, к ограниченно водостойким – материалы с K_r не ниже 0,6, а к водостойким – материалы с K_r не ниже 0,7 (0,8 – для гидротехнических сооружений и фундаментов).

Морозостойкость – способность материала выдерживать многократное и попеременное замораживание и оттаивание в насыщенном водой состоянии. где $R_{нас}$ – предел прочности на сжатие в насыщенном водой состоянии, МПа;

$R_{сух}$ – предел прочности на сжатие в сухом состоянии, МПа

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Классификация основных свойств

Теплофизические свойства

Теплопроводность – способность материала передавать тепло от тела с большей температурой к менее теплому. Характеризуется **коэффициентом теплопроводности λ (Вт/(м · °С))** Существует эмпирическая формула Некрасова для определения теплопроводности материала по его средней плотности

$$\lambda = 1,66 \cdot \sqrt{0,0196 + 0,22 \cdot d^2} - 0,16$$

где d – относительная плотность материала (плотность материала по отношению к плотности воды), безразмерная величина.

Термическое сопротивление R , (м² · °С)/Вт, конструкции толщиной δ равно

$$R = \frac{\delta}{\lambda}$$

Теплоемкость определяется количеством теплоты, которое необходимо сообщить 1 кг данного материала, чтобы повысить его температуру на 1 °С.

Огнеупорность – способность материала выдерживать длительное влияние высоких температур под нагрузкой.

Огнестойкость – способность материала выдерживать кратковременное воздействие открытого огня. Различают материалы: **несгораемые**, т.е. которые не горят и не поддерживают горение (бетон, металл, керамика);

трудносгораемые, т.е. которые при воздействии огня горят (тлеют), а при удалении огня прекращают горение (асфальтобетон, пропитанная антипиренами древесина); **сгораемые** (древесина, полимерные материалы).

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Классификация основных свойств

Механические свойства

Прочность — это свойство материала сопротивляться разрушению под действием внешних сил. Предел прочности при осевом сжатии ($R_{сж}$) и растяжении (R_p) МПа

Напряжение — это величина, численно равная силе, приходящейся на единицу площади сечения тела, (Па).

Релаксация напряжений — это свойство материала самопроизвольно снижать напряжения при условии, что начальная деформация остается неизменной.

Трещиностойкость — это способность материала противодействовать появлению и развитию в нем трещин.

Дислокация — это всегда одномерный (линейный) дефект кристаллической решетки, возникающий или в процессе образования кристалла, или в результате последующих механических, тепловых и других воздействий. Дислокации бывают **краевые, винтовые** и **смешанные**. Понижают прочность монокристаллов, но зато придают пластичность и затрудняют распространение трещин. Различают **хрупкое** и **пластическое** разрушение твердых тел.

Упругость твердого тела — это свойство самопроизвольно восстанавливать первоначальную форму и размеры после прекращения действия внешней силы.

Пластичность твердого тела — это свойство изменять форму и размеры под действием внешних сил, не разрушаясь, причем после прекращения действия силы тело не может самопроизвольно восстановить свои размеры и форму, вследствие чего появится остаточная деформация, называемая пластической деформацией.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Классификация основных свойств

Механические свойства

Модуль упругости E характеризует жесткость материала, т.е. его способность сопротивляться упругому изменению формы и размеров при приложении к нему внешних сил.

Коэффициент Пуассона, или коэффициент поперечного сжатия μ , равен отношению относительного поперечного сужения (расширения) к относительному продольному удлинению (сжатию)

Модуль сдвига G связывает модуль Юнга и коэффициент Пуассона $E/[2(1 + \mu)]$

Динамическая δ , или **ударная прочность** материалов — это способность материалов сопротивляться разрушению при ударных нагрузках

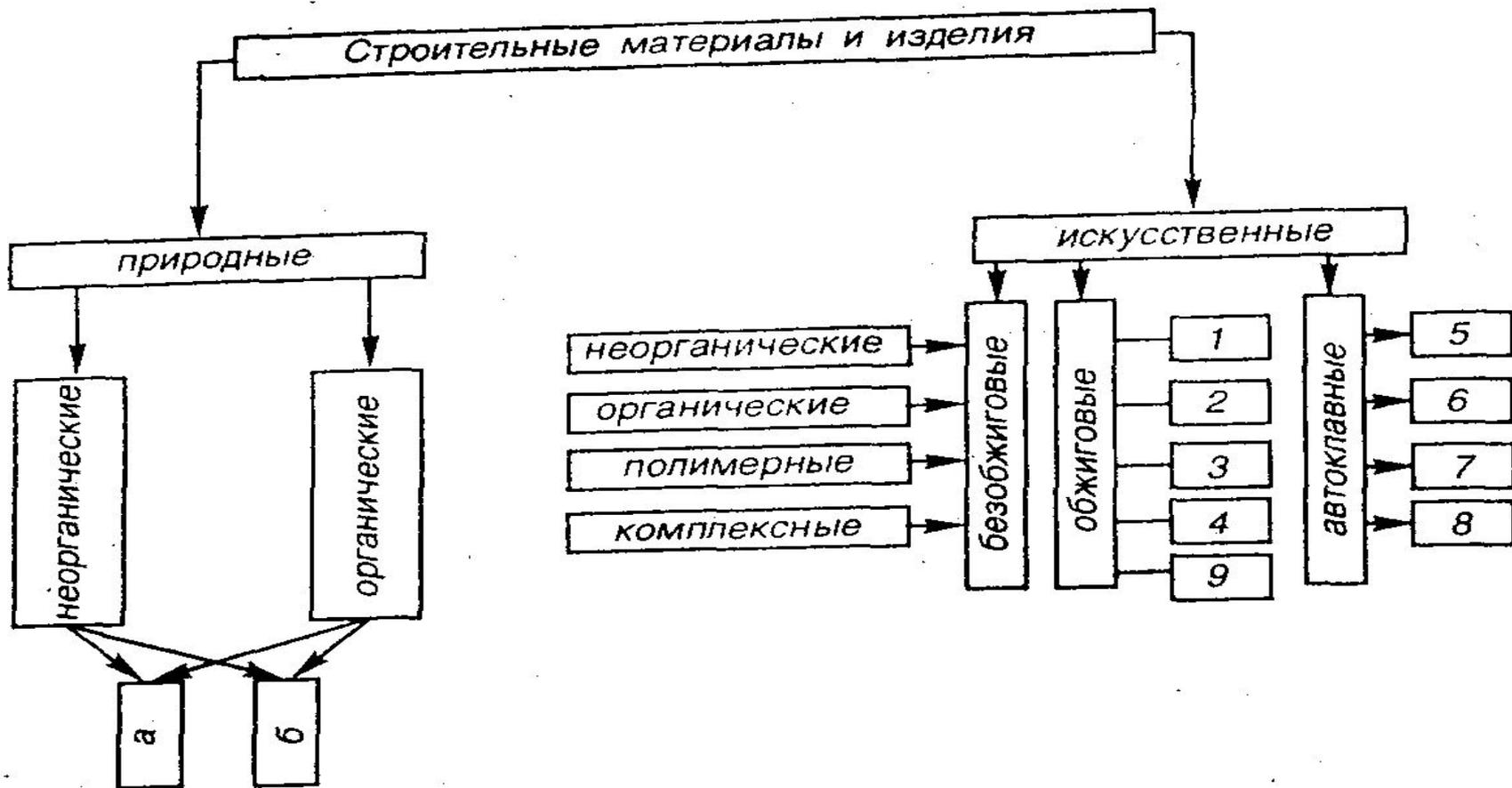
Ползучесть — это непрерывное медленное нарастание деформаций образцов во времени при постоянной нагрузке.

Твердость — это свойство материала сопротивляться проникновению в него другого более твердого тела. **Число твердости $HB = P/F$** , где P — приложенная сила; F — площадь поверхности отпечатка.

Истираемость I , г/см², оценивают потерей первоначальной массы образца m материала, отнесенной к площади поверхности истирания S абразивом $M = (m_1 - m_2) / S$

Износ — это свойство материала сопротивляться одновременному воздействию истирания и ударов. **Показателем износа** служит потеря массы пробы материала в результате проведенного испытания (в процентах от первоначальной массы).

Схема классификации строительных материалов



1— керамика; 2 - стекло; 3 - шлаки; 4 - каменные расплавы; 5 - кирпич; 6- бетоны; 7 - асбестоцементные изделия; 8 - другие изделия; 9 - футеровочная обработка: а - материалы; б— изделия

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Минеральные вяжущие

Минеральные вяжущие вещества – это искусственно получаемые материалы, которые при затворении водой образуют пластическое тесто переходящее в камневидное состояние. Подразделяются на **воздушные** и **гидравлические**.

Воздушные вяжущие – воздушная известь, гипсовые и магнезиальные вяжущие, жидкое стекло, известково-шлаковые и известково-пуццолановые.

Гидравлические вяжущие – гидравлическая известь, романцемент, портландцемент и его разновидности и специальные виды цемента.

Строительная известь – это продукт обжига (до удаления углекислоты) известняка, ракушечника, мела, доломитизированного известняка. В результате обжига получают продукт белого цвета, **комовую (кипельную) известь**. $\text{CaCO}_3 + 177,7 \text{ кДж} = \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$

Обжиг производится в различных печах: шахтных, вращающихся, в «кипящем слое», во взвешенном состоянии и др. Наиболее распространены шахтные пересыпные известеобжигательные печи. Но известь там оказывается загрязненной золой топлива.

Различают **негашеную молотую** и **гашеную (гидратную) известь** (зависит от способа измельчения).

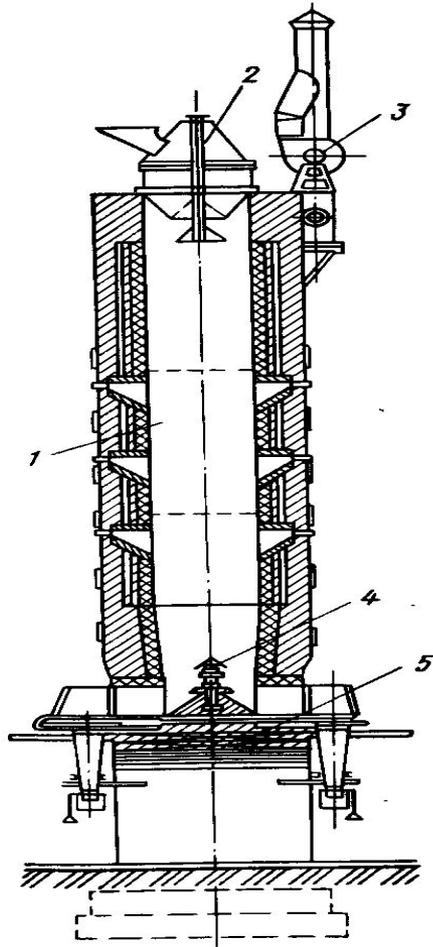
Гашение извести происходит по следующей реакции: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2 + 65,2 \text{ кДж}$

Процесс твердения извести включает несколько этапов:

1. В результате испарения воды частицы Ca(OH)_2 сближаются между собой
2. Образуют прочные кристаллические сростки
3. Происходит взаимодействие гидроксида кальция с углекислым газом воздуха.

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Минеральные вяжущие вещества



Шахтная печь для обжига извести:

1- шахта; 2- загрузочный механизм; 3- дымосос;

4- гребень для подачи воздуха; 5- разгрузочный механизм

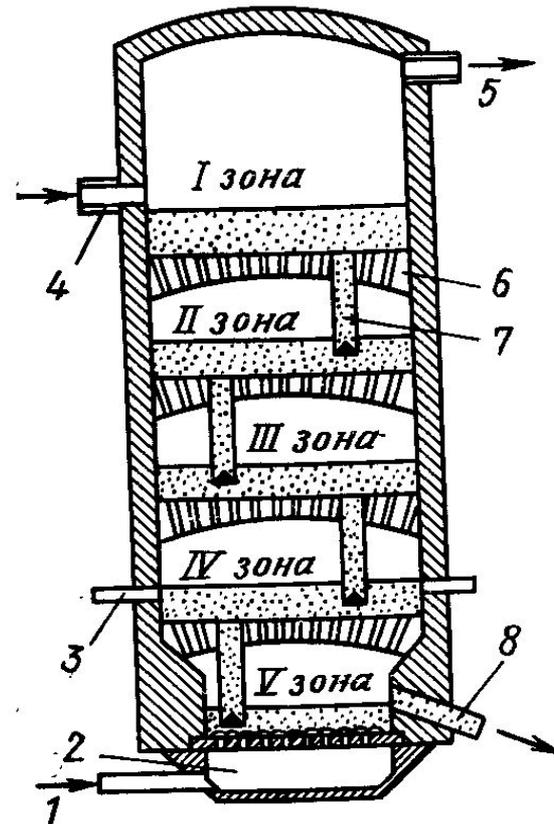


Схема установки для обжига извести в «кипящем слое»:

1- подача сжатого воздуха; 2- воздушная коробка с непровальной решеткой; 3- горелки; 4- загрузка известняка; 5- отвод отходящих газов на очистку; 6- решетчатый свод; 7- переливная труба; 8- выгрузка обожженной извести

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Минеральные вяжущие вещества

Гипсовые вяжущие вещества – материалы, состоящие из полуводного гипса или ангидрита и получаемые тепловой обработкой двухводного гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$), природного ангидрита и некоторых отходов промышленности.

Гипсовые вещества в зависимости от температуры обработки разделяют на две группы: **низкообжиговые** (строительный и высокопрочный гипс) и **высокообжиговые** (ангидритовые). Первые получают тепловой обработкой при низких температурах ($110^\circ - 180^\circ\text{C}$) $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O} + 1,5 \text{H}_2\text{O}$

Вторые – обжигают при высоких температурах ($600^\circ - 900^\circ\text{C}$)
Производство гипса складывается из дробления, помола и тепловой обработки (дегидратации) гипсового камня. В одних технологических схемах помол предшествует обжигу, в других - помол после обжига, в третьих – помол и обжиг совмещаются.

Процесс твердения гипса происходит по реакции: $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O} + 1,5 \text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$

Это так называемый двухводный сернокислый кальций. По мере накопления этих частиц они склеиваются между собой, вызывая загустевание (схватывания) теста.

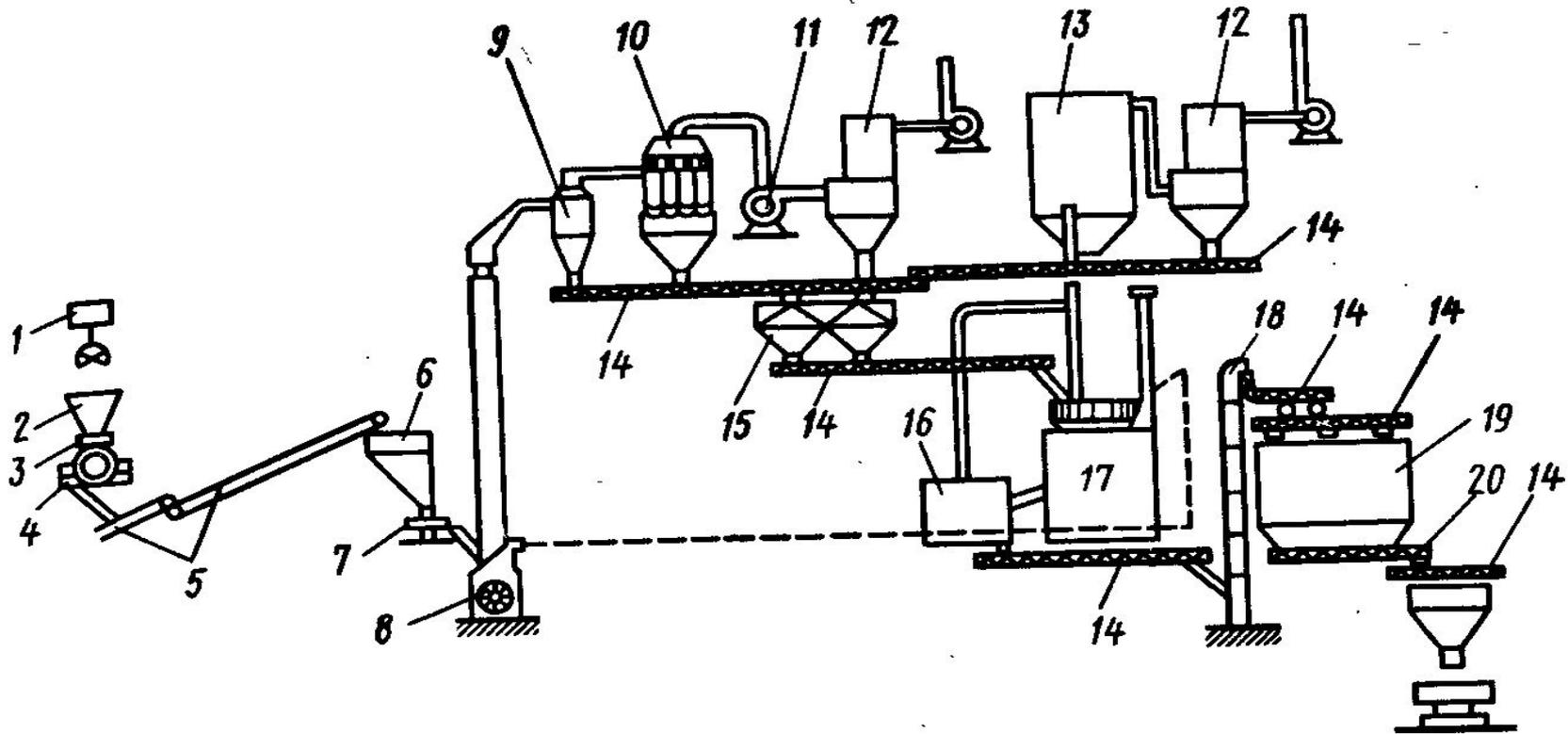
По прочности при сжатии установлено 12 марок гипса: Г-2, Г-3, Г-5, Г-6, Г-10, Г-7, Г-13, Г-16, Г-19, Г-22, Г-25.

Высокопрочный гипс – вяжущее, состоящее из полуводного сульфата кальция, получаемое термической обработкой двухводного гипса в автоклаве под давлением пара. Он обладает меньшей водопотребностью, что позволяет получить гипсовые изделия с большой плотностью и прочностью.

Формовочный гипс обладает повышенной водопотребностью, а будучи

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Минеральные вяжущие вещества



Технологическая схема производства строительного гипса с применением варочных колов

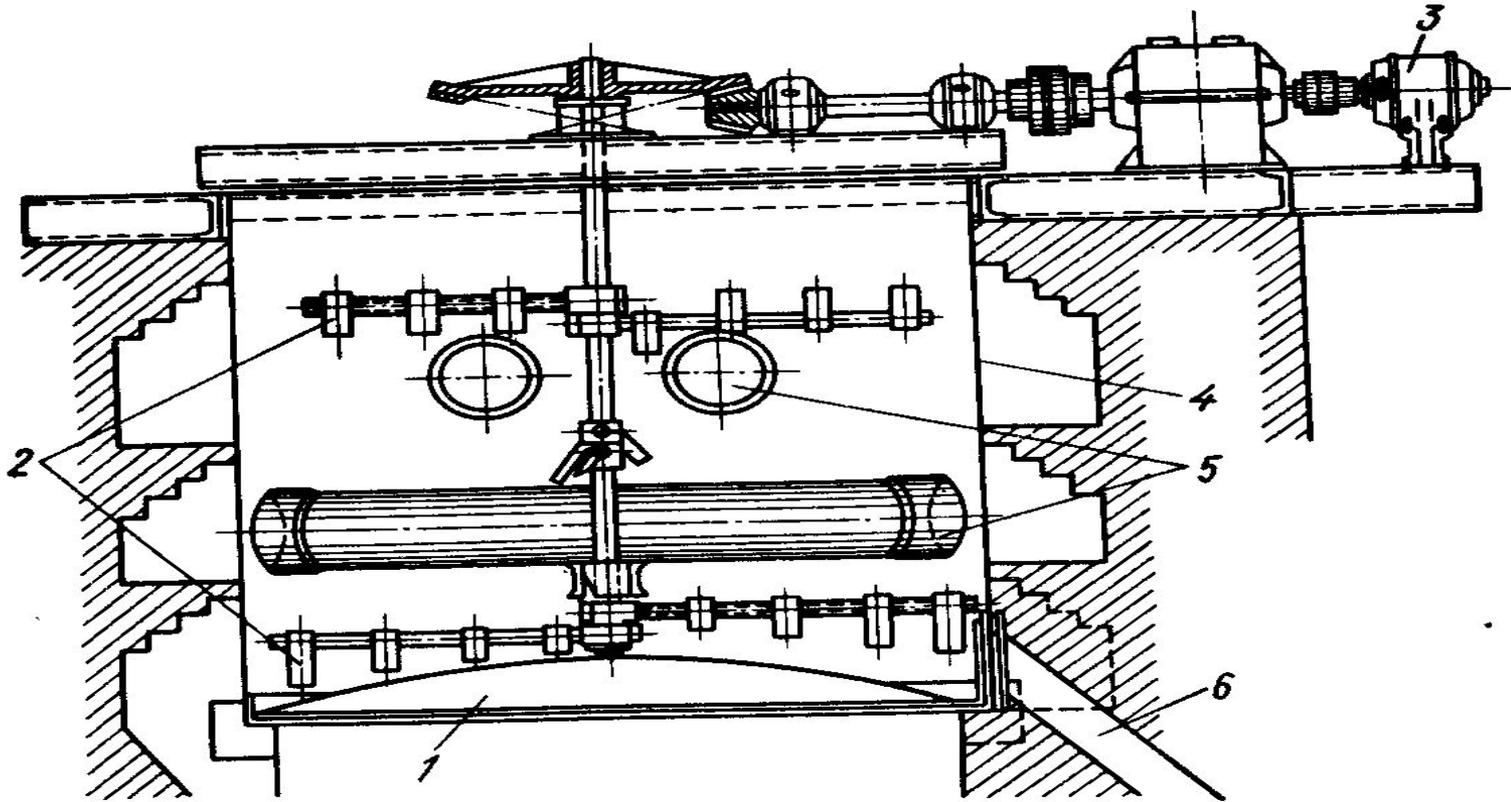
1- мостовой грейферный кран; 2- бункер гипсового камня; 3- лотковый питатель; 4- щековая дробилка;

5- ленточные транспортеры; 6- бункер гипсового щебня; 7- тарельчатый питатель; 8- шахтная мельница;

9- сдвоенный циклон; 10- батарея циклонов; 11- вентилятор; 12- рукавные фильтры; 13- камера пылеосадительная; 14- шнеки; 15- бункер сырого молотого гипса; 16- камера томления; 17- котел гипсоварочный; 18- элеватор; 19- бункер готового гипса; 20- скрепковый транспортер

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Минеральные вяжущие



Варочный котел для изготовления строительного

гипса

1- днище; 2- смеситель; 3- электродвигатель; 4- котел; 5- жаровые трубы; 6- выгрузочный желоб

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Минеральные вяжущие
вещества

Магнезиальные вяжущие вещества – тонкомолотые порошки, содержащие оксид магния и твердеющие при затворении водными растворами хлористого или сернокислого магния. Они делятся на два вида: каустический магнезит ($MgCO_3$) и каустический доломит ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$). Каустический магнезит ($MgCO_3$) получают при обжиге горной породы магнезита $MgCO_3$ в шахтных или вращающихся печах при 650... 800 °С. В результате $MgCO_3$ разлагается по схеме



Магнезиальные вяжущие затворяют не водой, а водными растворами солей сернокислого или хлористого магния. Эти вяжущие применяются для изготовления теплоизоляционных материалов, устройства теплых и износостойких ксилолитовых полов и плиток.

Жидкое стекло представляет собой натриевый ($Na_2O \cdot SiO_2$) или калиевый силикат ($K_2O \cdot SiO_2$) желтого цвета, который получают плавлением в печах при 1300° - 1400°С измельченного чистого кварцевого песка с содой (Na_2CO_3) или поташа (K_2CO_3). Жидкое стекло применяется для получения силикатных огнезащитных красок, предохранения естественных каменных материалов от выветривания, уплотнения грунтов и получения кислотоупорного цемента.

Кислотоупорный цемент – тонкоизмельченная смесь кварцевого песка и кремнефтористого натрия, затворенная жидким стеклом. Этот цемент не водостоек, разрушается от воздействия воды и слабых кислот. Кислотоупорный водостойкий цемент (**КВЦ**) содержит 0,5% льняного масла и 2% гидрофобизирующей добавки. Кислотоупорные цементы применяют для футеровки химической аппаратуры, возведения башен, резервуаров и других сооружений хим. промышленности, а также для приготовления кислотоупорных замазок, растворов и бетонов.

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Минеральные вяжущие вещества

Гидравлическая известь – продукт умеренного обжига мергелистых известняков, содержащих 6-20% глинистых и тонкодисперсных песчаных примесей. Для характеристики хим. состава сырья и готового вяжущего вещества используют **гидравлический** или **основной модуль**, который для гидравлической извести составляет $1,7 \dots 9m = \%CaO / [\%(SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3)]$

Слабогидравлическая известь с модулем 4,5...9 и **сильногидравлическая** - с $m=1,7 \dots 4,5$

Гидравлическую известь применяют для приготовления строительных (кладочных и штукатурных) растворов для сухой или влажной среды, бетонов низких марок.

Портландцемент – гидравлическое вяжущее вещество, получаемое тонким измельчением портландцементного клинкера с гипсом и добавками.

Портландцемент получают двумя способами: **мокрым** и **сухим**. В результате обжига ($t = 1450^\circ C$) смеси глины и извести получается клинкер, который состоит из основных клинкерных минералов:

трехкальцевый силикат ($3CaO \cdot SiO_2$), **двухкальцевый силикат** ($2CaO \cdot SiO_2$), **трехкальцевый алюминат** ($3CaO \cdot Al_2O_3$), **четырекальцевый алюмоферрит** ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$)

Прочность цементного камня характеризуется **маркой** цемента. Марку цемента устанавливают по пределу прочности при изгибе образцов призм размером 40x40x160 мм и при сжатии их половинок, изготовленных из цементно-песчаного раствора 1:3 (по массе) на стандартном Вольском песке.

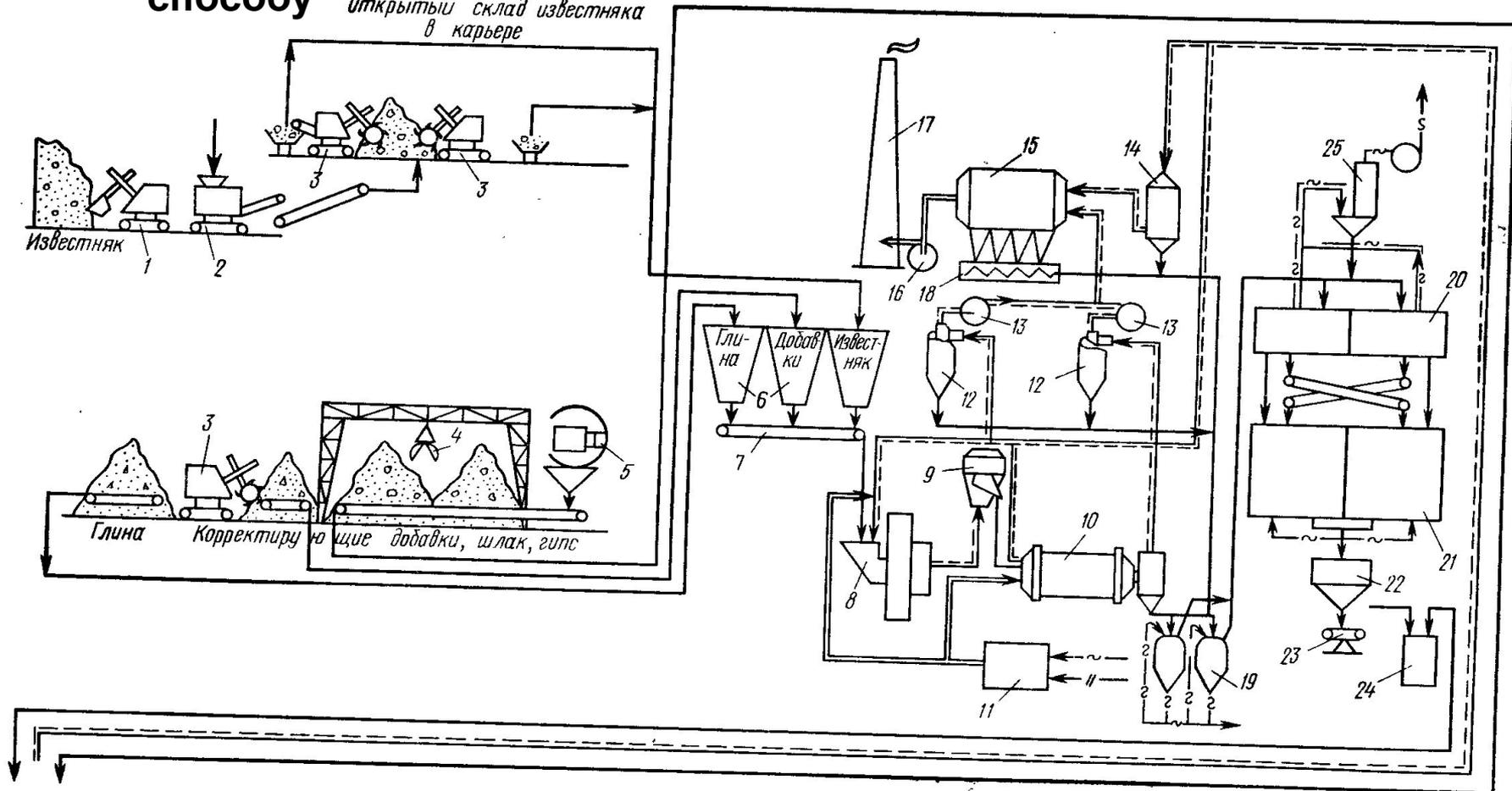
Предел прочности при сжатии в возрасте 28 сут. называют **активностью** цемента

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Технологическая схема производства цемента по сухому способу

способу

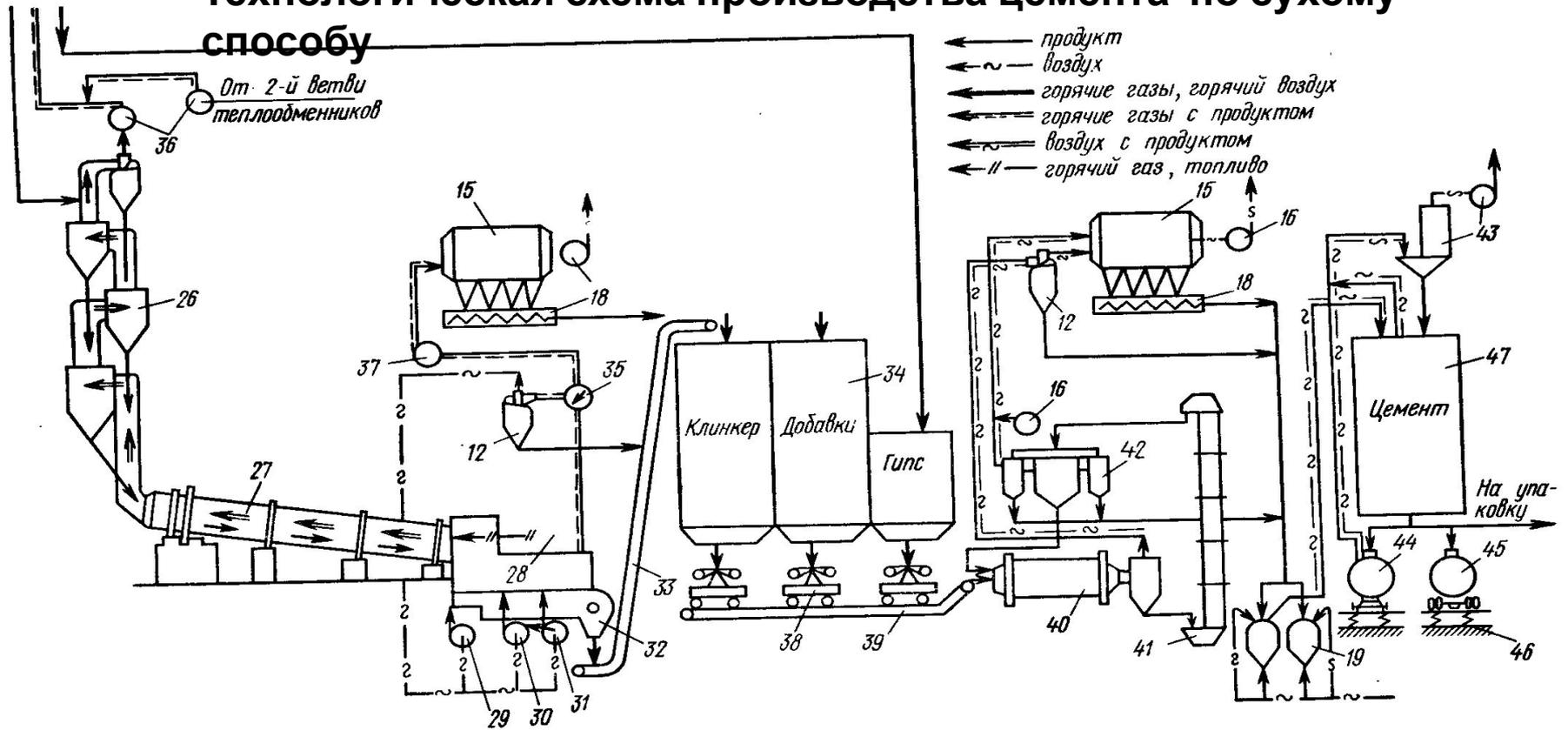
Открытый склад известняка в карьере



1- экскаватор; 2- самоходная дробилка; 3- роторная машина; 4- кран-перегрузатель; 5- вагоноопрокидыватель; 6- приемные бункера сырья; 7- дозирующее и транспортирующее устройство; 8- мельница предварительного измельчения; 9- сепаратор; 10- трубная мельница; 11- топка; 12- циклон; 13- мельничный вентилятор; 14- кондиционер; 15- электрофильтр; 16- аспирационный вентилятор; 17- дымовая труба; 18- механизм уборки пыли; 19- пневмокамерные насосы

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

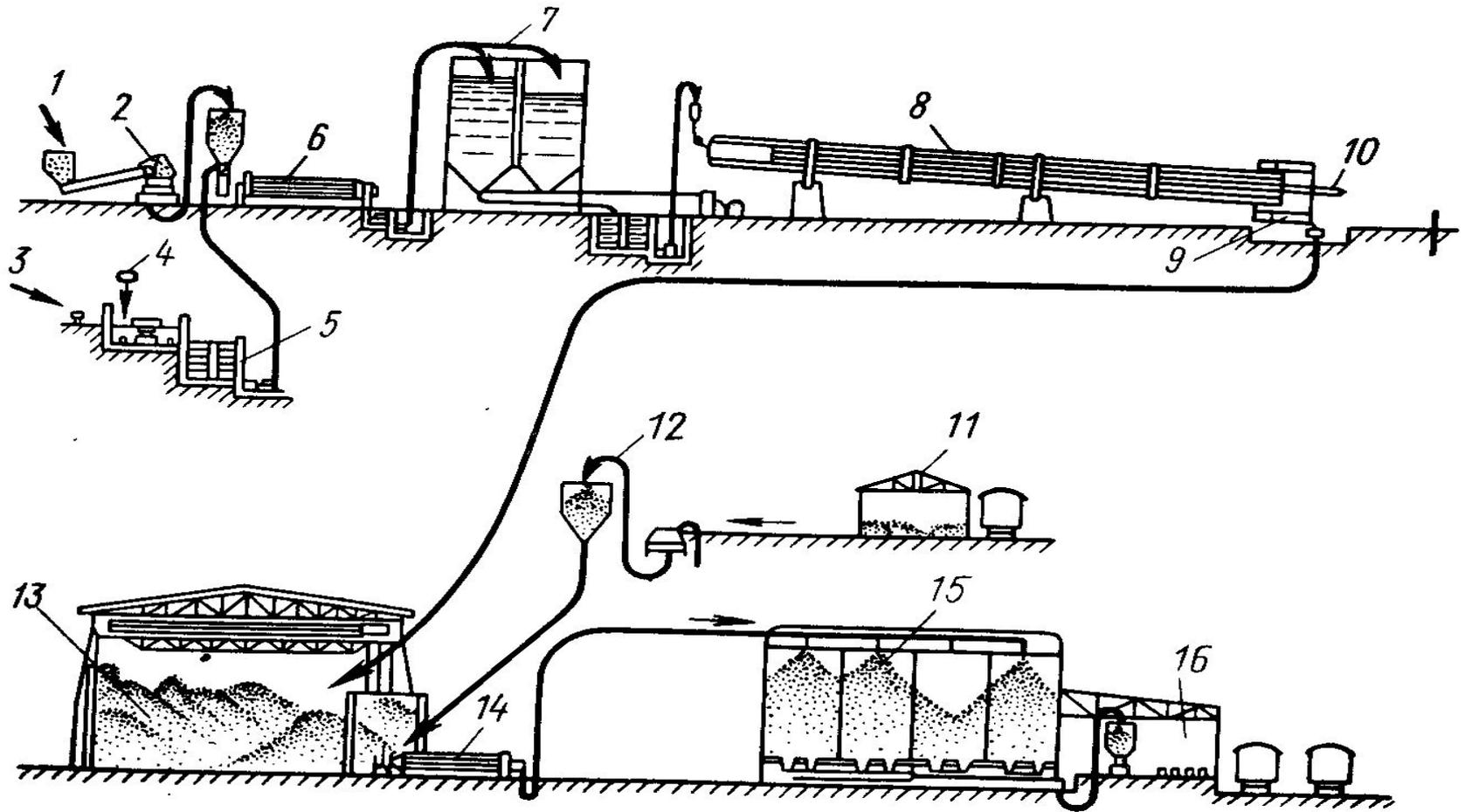
Технологическая схема производства цемента по сухому способу



20- корректирующие силосы; 21- расходные силосы; 22- расходный бункер постоянного уровня; 23- дозатор по массе; 24- пневмоподъемник; 25- рукавный фильтр; 26- циклонные теплообменники; 27- вращающаяся печь; 28- колосниковый холодильник; 29- вентилятор острого дутья; 30- вентилятор двойного подсоса; 31- вентилятор общего дутья; 32- дробилка клинкера; 33- конвейер клинкера; 34- силосы; 35- регулировочный шибер; 36- дымосос; 37- вентилятор; 38- дозатор по массе; 39- конвейер; 40- трубная мельница; 41- элеватор; 42- сепаратор; 43- рукавный фильтр; 44- вагон-цементовоз; 45- автоцементовоз; 46- весы; 47- цементный силос

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Технология схема производства цемента по мокрому



1- подача известняка из карьера; 2- дробилка для известняка; 3- подача глины из карьера; 4- подача воды; 5- бассейн для размешивания глины; 6- сырьевая мельница; 7- шлам-бассейны; 8- вращающаяся печь; 9- холодильник; 10- подача топлива; 11- склад гипса; 12- элеватор для подачи гипса из дробилки в бункер; 13- склад клинкера; 14- шаровая мельница; 15- силосы для цемента; 16- упаковка цемента

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

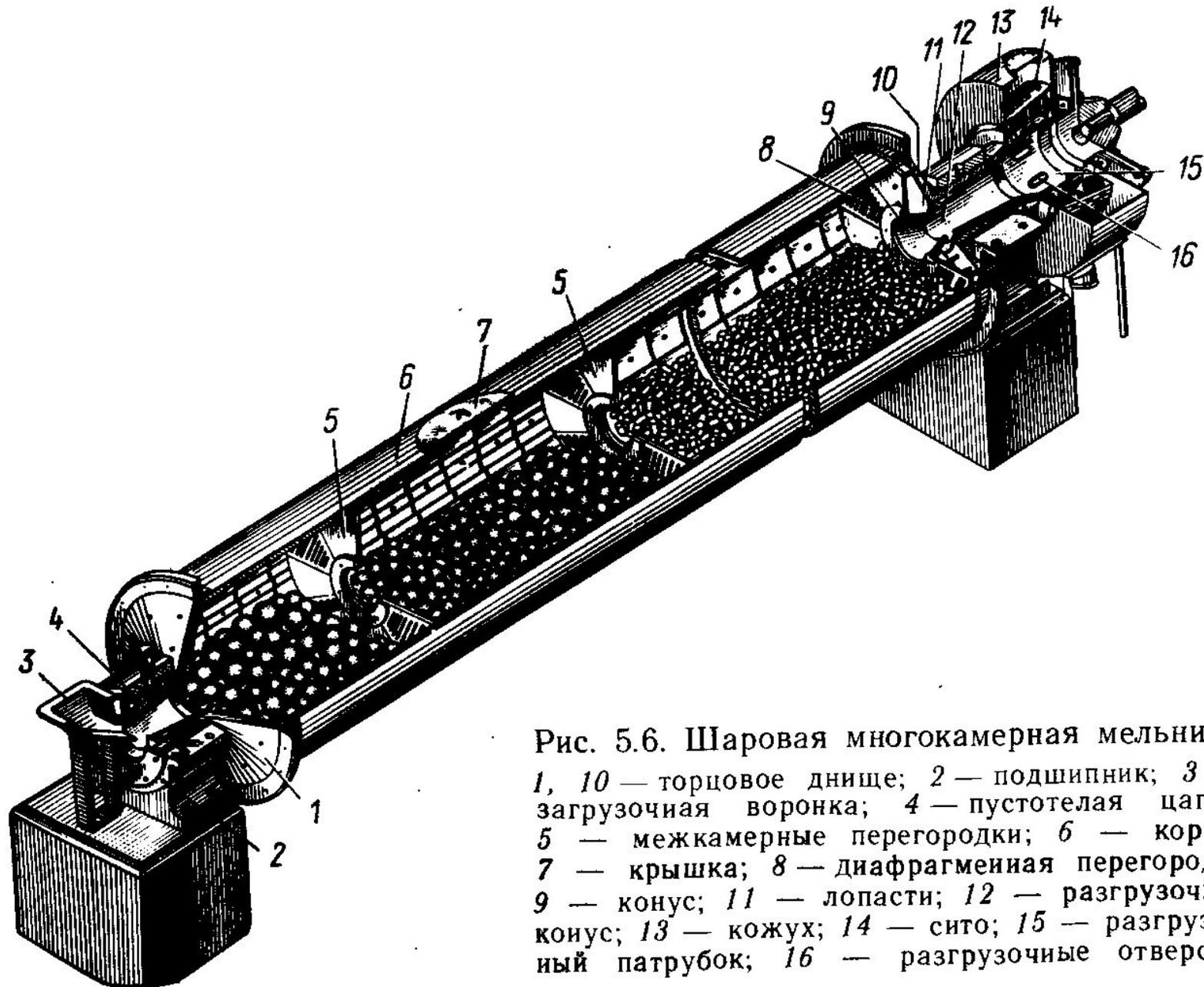


Рис. 5.6. Шаровая многокамерная мельница:
1, 10 — торцовое днище; 2 — подшипник; 3 — загрузочная воронка; 4 — пустотелая цапфа; 5 — межкамерные перегородки; 6 — корпус; 7 — крышка; 8 — диафрагменная перегородка; 9 — конус; 11 — лопасти; 12 — разгрузочный конус; 13 — кожух; 14 — сито; 15 — разгрузочный патрубок; 16 — разгрузочные отверстия

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

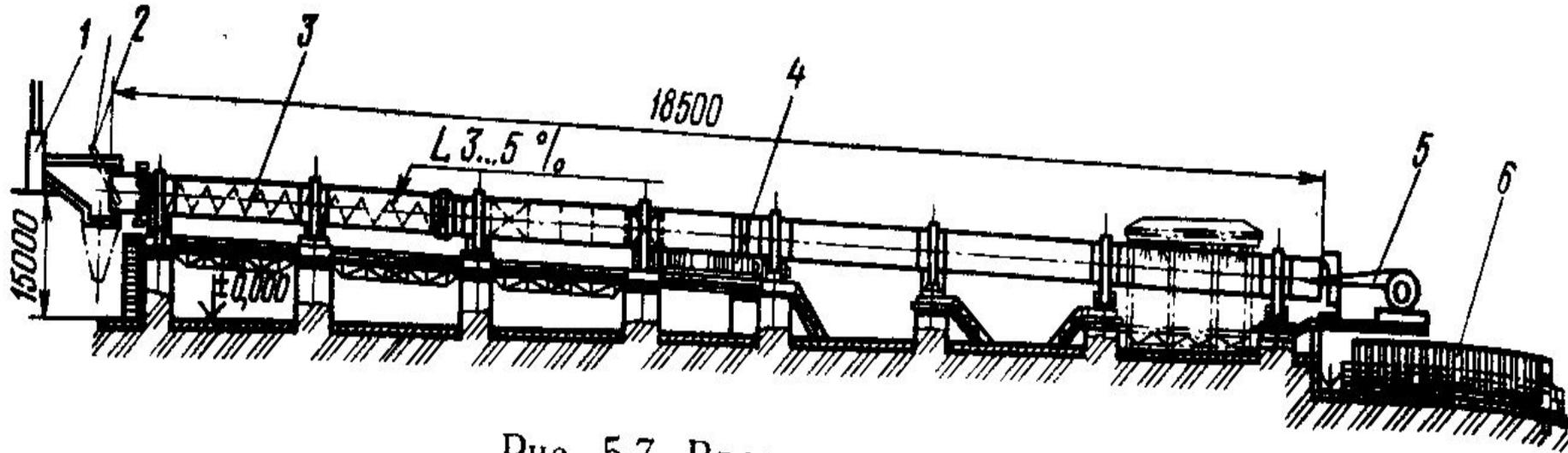


Рис. 5.7. Вращающаяся печь:

1 — дымосос; 2 — питатель для подачи шлама; 3 — барабан; 4 — привод; 5 — вентилятор с форсункой для вдувания топлива; 6 — холодильник

Вращающаяся печь представляет собой длинный цилиндр из листовой стали, облицованный внутри огнеупорным материалом. Длина печей 150...185...230 м, диаметр 4...5...7 м. Барабан печи установлен с наклоном и вращается вокруг своей оси с частотой $0,5...1,4$ мин^{-1} . Вращающиеся печи работают по принципу противотока. Шлам загружается с верхней стороны печи и перемещаются к нижнему концу. Топливо в виде газа или каменного угля вдувается вместе с воздухом с противоположного конца печи и сгорает, создавая температуру 1500°C . Дымовые газы удаляются со стороны приподнятого конца печи. Шлам, перемещаясь вдоль барабана, соприкасается с горячими газами, идущими навстречу, и постепенно нагревается.

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Минеральные вяжущие вещества

Твердение портландцемента. Типичными реакциями для твердения портландцемента являются реакции гидратации, протекающие с присоединением воды. Процесс твердения в основном определяется **гидратацией** силикатов, алюминатов и алюмоферритов кальция: $3CaO \cdot 2SiO_2 + 6H_2O \rightarrow 3Ca(OH)_2 + 2H_2SiO_4$

Специальные виды цементов:

1. Быстротвердеющий портландцемент (БТЦ) – портландцемент с минеральными добавками, отличающийся повышенной прочностью через 3 суток твердения.

2. Сульфатостойкий портландцемент – портландцемент из клинкера нормированного минералогического состава, без инертных и активных минеральных добавок. Используется для бетонов, находящихся в минерализованных или пресных водах.

3. Сульфатостойкий портландцемент с минеральными добавками, 10...20% от массы цемента гранулированных доменных шлаков.

4. Сульфатостойкий шлакопортландцемент, 21...60% гранулированных доменных шлаков и небольшое количество гипса.

5. Пуццолановый портландцемент, 25...40% от массы цемента активных минеральных добавок и гипсового камня.

6. Белый портландцемент, используют «чистые» известняки или мраморы и белые каолиновые глины

7. Цветные портландцементы – совместный помол клинкера белого цемента со свето- и щелочестойкими минеральными красителями: охрой, железным суриком,

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Классификация бетонов

1. *По основному назначению:*

- конструкционный;
- специальный

2. *По виду вяжущего:*

- на основе цементных вяжущих;
- на известковых;
- на шлаковых;
- на специальных (органических и неорганических)

3. *По виду заполнителей:*

- на плотных заполнителях;
- на пористых заполнителях;
- на специальных заполнителях

4. *По структуре:*

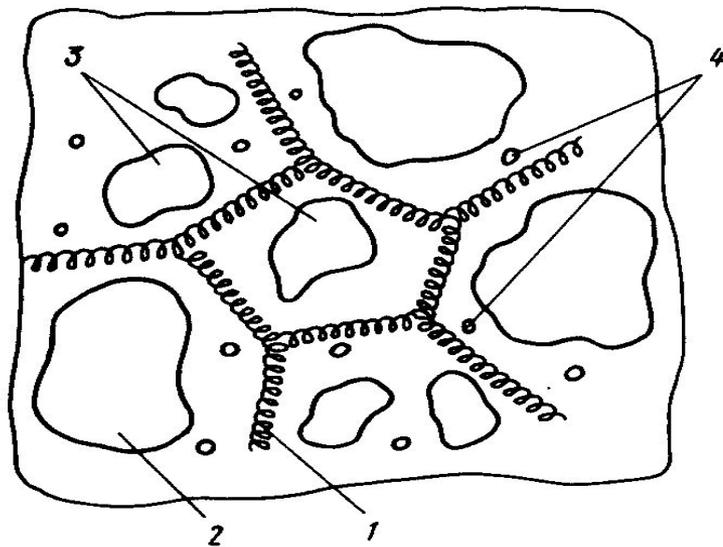
- плотной структуры;
- поризованной структуры

5. *По условиям твердения:*

- естественного твердения;
- подвергнутый тепловлажностной обработке при атмосферном давлении;
- подвергнутый автоклавной обработке

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Структура бетона



Структура бетона: 1- цементный камень;

2- щебень; 3- песок; 4- поры с

воздухом. Бетон обладает весьма сложной структурой, представляющей собой пространственную решетку из цементного камня, заполненную зернами песка и щебня различной крупности и формы и насыщенную большим числом капилляров, микро- и макропор, содержащих воду, пары и воздух. Структура бетона оказывает существенное влияние на прочность и деформативные свойства бетона. Неоднородность ее не дает возможности использовать при расчете бетонных и железобетонных конструкций классических теорий прочности.

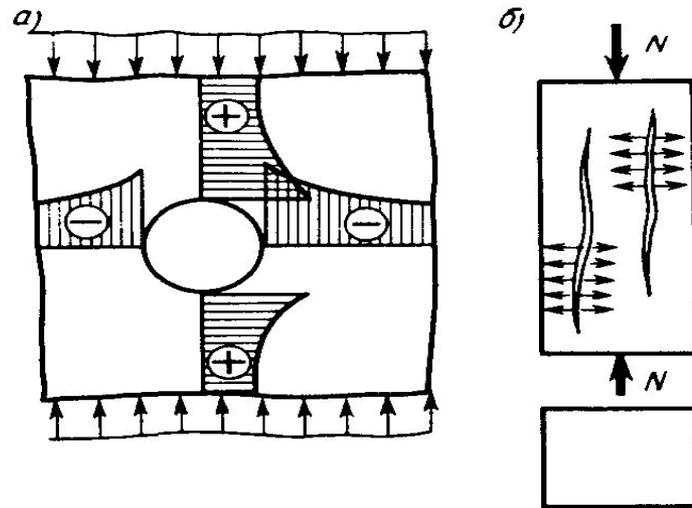
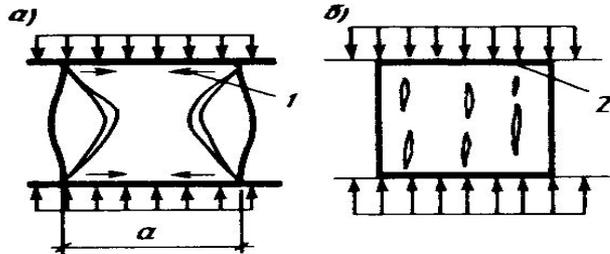


Схема напряженного состояния бетонного образца при сжатии

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Прочность бетона

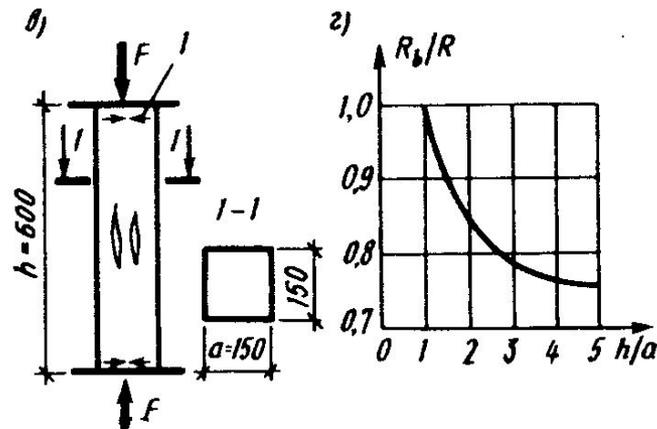
1. **Кубиковая прочность бетона** - временное сопротивление осевому сжатию бетонных кубов с размерами 15 x 15 x 15 в возрасте 28 суток, хранящихся при определенной температуре



К определению прочности бетона:

1- силы трения; 2- смазка

2. **Призменная прочность**



- временное сопротивление осевому сжатию бетонных призм .

Призменная прочность может быть определена по формуле

$$R_b = \varphi R$$

где φ - экспериментальный коэффициент

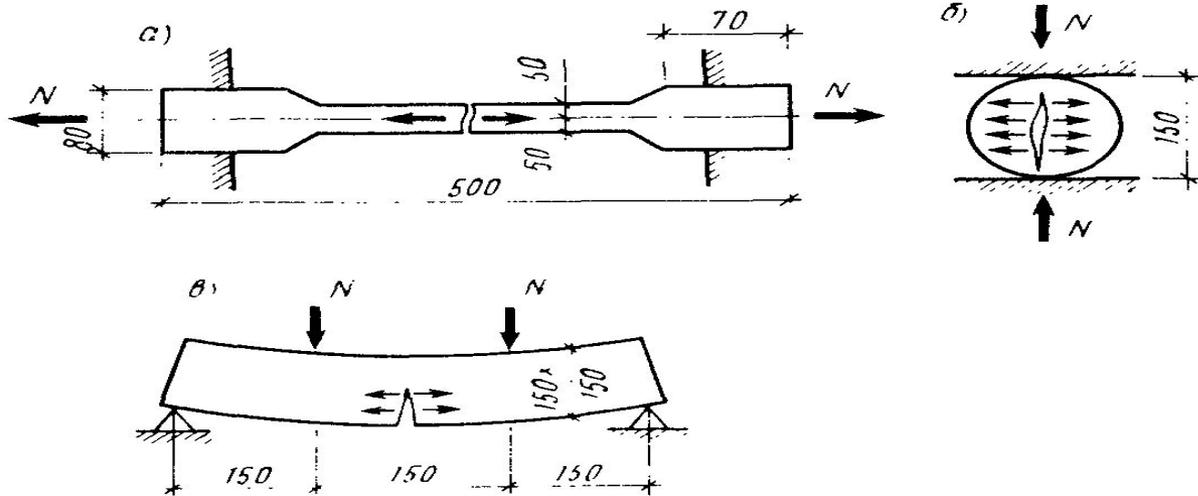
$$\varphi = 0,77 - 0,001R \geq 0,72$$

К определению прочности бетона

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Прочность бетона

3. Прочность бетона при растяжении R_{br} определяется испытанием на разрыв образцов - восьмерок (рис.а), на раскалывание образцов в виде цилиндров (рис.б), на изгиб (рис.в) бетонных балок



Схемы испытания образцов при растяжении

Значение прочности бетона при растяжении можно определить по эмпирической формуле

$$R_{bt} = 5R / (45 + R)$$

При изгибе $R_{bt} = \frac{\gamma M}{W} = 3,5 \frac{M}{bh^2}$ где $\gamma = 1,7$ - коэффициент, учитывающий неупругие

деформации бетона; W – момент сопротивления прямоугольного сечения, $W = bh^2 / 6$, b – ширина сечения; h – высота сечения

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Прочность бетона

4. **Прочность бетона на срез и скалывание** $\varphi_{b,sh}$. В чистом виде срез представляет собой разделение элемента на две части по сечению, к которому приложены перерезывающие силы $\sqrt{R_b} R_{bt}$.

5. **Прочность при местном сжатии (смятии)** $\varphi_{b,loc}$. Местное сжатие встречается при передаче давления только на часть $\varphi_{b,loc}$ в площади $A_{loc,1}$.

где $\varphi_b = \sqrt{\frac{A_{loc,1}}{A_{loc,2}}}$ $A_{loc,1}$ - площадь смятия; $A_{loc,2}$ - общая площадь

6. **Прочность при многократно повторных нагрузках** (повторных или пульсирующих) снижается вследствие накопления пластических деформаций и образования микротрещин в бетоне.

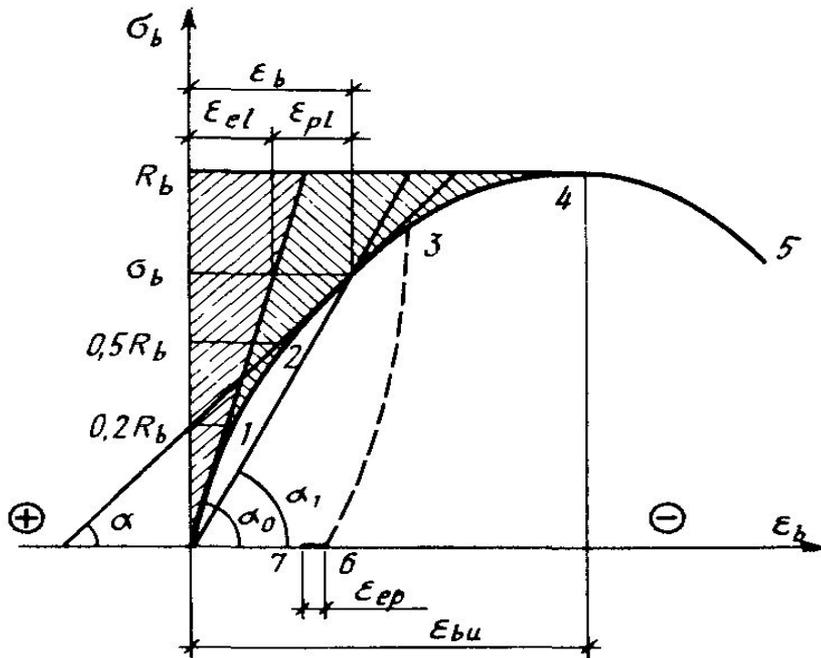
Предел выносливости – это наибольшее напряжение, которое выдерживает бетон при повторных нагружений. Предел выносливости зависит от **характеристики цикла**. σ_{bmax}

7. **Прочность бетона при длительных и быстрых нагружениях**. При испытании бетонных образцов в лабораторных условиях нагружение обычно осуществляется со скоростью $V = 20 \dots 30 \frac{H}{cm^2 \cdot c}$. Предел длительного сопротивления бетона естественного твердения осевому сжатию снижается на 10...20%. При нагрузках малой продолжительности прочность бетона повышается. При воздействии на конструкции взрывных и сейсмических воздействий прочность бетона повышается до 20...30%.

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Деформативность бетона

Модуль упругости бетона E



Закон Гука

$$\sigma = \epsilon \cdot E$$

$$E_b = \operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{\sigma_b}{\epsilon_b}$$

$$E'_b = \operatorname{tg} \alpha_1$$

$$E'_b = \nu E_b$$

$$G_b = E_b / 2(1 + \nu)$$

Модуль упругопластичности E'_b - тангенс угла наклона секущей к кривой в точке с заданным напряжением.

Коэффициент упругопластичности бетона $\epsilon_{bel} / \epsilon_{bpl}$, зависящий от длительности действия нагрузки, характера окружающей среды.

Модуль сдвига бетона G_b в пределах применимости закона Гука

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Классы и марки бетона

Класс бетона по прочности на сжатие B - временное сопротивление (предел прочности с обеспеченностью 0,95) при сжатии кубика с ребром 15 см после выдержки в течении 28 суток при температуре t и относительной влажности воздуха $\geq 60\%$. Нормами приняты следующие классы по прочности на осевое сжатие: **B3,5; B5; B7,5; B10; B12,5; B15; B20; B25; B30; B35; B40; B45; B50; B55; B60**. Класс B20 соответствует прочности 20 МПа.

Класс бетона по прочности на осевое растяжение R_{bt} назначается тогда, когда конструкция работает преимущественно на осевое растяжение. Ее значение контролируется на производстве. Нормами приняты следующие классы по прочности на осевое растяжение: **B_t2; B_t2,4; B_t2,8; B_t3,2; ; ;**.

Марка бетона по морозостойкости $F_{50}...F_{500}$ характеризуется количеством циклов попеременного замораживания и оттаивания, которые выдерживает бетон в насыщенном водой состоянии при снижении прочности не более, чем на 15%.

Марка бетона по водонепроницаемости $W_2...W_{12}$ соответствует наибольшему давлению воды, при котором еще не наблюдается просачивание ее через образец толщиной 150 мм.

Марка бетона по средней плотности D характеризует его среднюю плотность ρ в кг/м^3 (для тяжелых бетонов **$D_{2300}...D_{2500}$** , для легких бетонов **$D_{800}...D_{2100}$**).

Марка бетона по самоупрочению $S_{p,0,4} S_{p,4}$ характеризует величину предварительного напряжения в бетоне (в МПа) на уровне центра тяжести арматуры при коэффициенте армирования μ . Назначается для самоупроченных конструкций на напрягающем цементе. К таким конструкциям

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Классы и марки бетона

Рекомендации по выбору класса бетона. Наиболее широкое применение в настоящее время имеет тяжелый (обычный) бетон плотной структуры на цементных вяжущих. Он используется для изготовления практически всех несущих конструкций, если этому не противоречат специальные требования и если невозможно применение легкого бетона. Легкие, поризованные, ячеистые бетоны применяют преимущественно в ограждающих конструкциях.

Выбор оптимального класса бетона производят в каждом конкретном случае на основании технико-экономических расчетов в зависимости от типа конструкций, способов ее изготовления и монтажа, условий эксплуатации.

Применение для железобетонных конструкций тяжелого и мелкозернистого бетонов класса по прочности на сжатие менее В7,5 не допускается.

Наиболее широко используют: для изгибаемых элементов без предварительного напряжения бетон классов В15...В30, для сжатых элементов: колонн — В20...В40, ферм — В30...В50. Класс бетона предварительно напряженных элементов назначают в зависимости от класса арматуры. Например для арматуры класса А-IV класс бетона должен быть не ниже В15, для А-VI — не ниже В30. Применение бетонов высоких классов, особенно в сжатых элементах, позволяет получить существенную экономию.

ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Железобетон

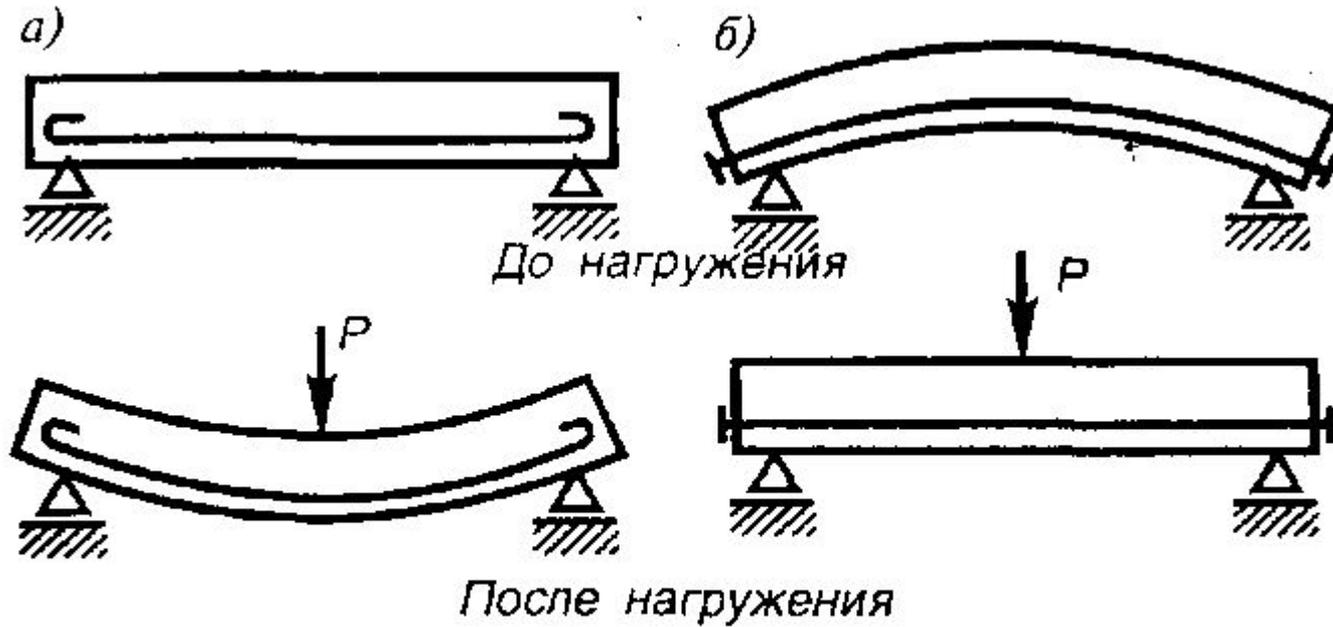


Рис. 9.18. Работа железобетонной балки при изгибе:
a — с обычной арматурой; *б* — с предварительно напряженной арматурой

КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Каменные материалы. В качестве каменных материалов для кладок используют штучные камни массой не более 40 кг и каменные изделия, изготовленные в заводских условиях, масса которых ограничивается грузоподъемностью транспортного и монтажного оборудования. К штучным каменным материалам относят: кирпич керамический, керамические камни, природные камни правильной формы и бутовые (неправильной формы), бетонные камни. Каменные изделия выпускают в виде бетонных блоков различного назначения, блоков из кирпича и керамических камней, вибропанелей из кирпича, блоков из природных камней и т. п.

Каменные материалы классифицируют: *по происхождению*: а) природные камни, добываемые в каменных карьерах (каменные блоки, бут); б) искусственные камни, изготавливаемые путем обжига (кирпич, керамические камни), и необжиговые камни (кирпич силикатный, шлаковый, бетонные камни из тяжелого и легкого бетона); *по структуре*: а) полнотелый кирпич и сплошные камни; б) пустотелый кирпич и камни с пустотами разной формы.

Для ручной каменной кладки применяют кирпич следующих видов: керамический обыкновенный пластического и полусухого прессования, керамический пустотелый пластического прессования, кирпич силикатный, кирпич из трепелов и диатомитов.

Кирпич выпускают одинарный размерами 250 × 120 × 65 и модульный (утолщенный) размерами 250 × 120 × 88 мм. Кирпич одинарный изготавливают обычно полнотелый либо с технологическими пустотами. Кирпич модульный с целью уменьшения массы выпускают с технологическими круглыми или щелевидными пустотами (рис. 11.1).

КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

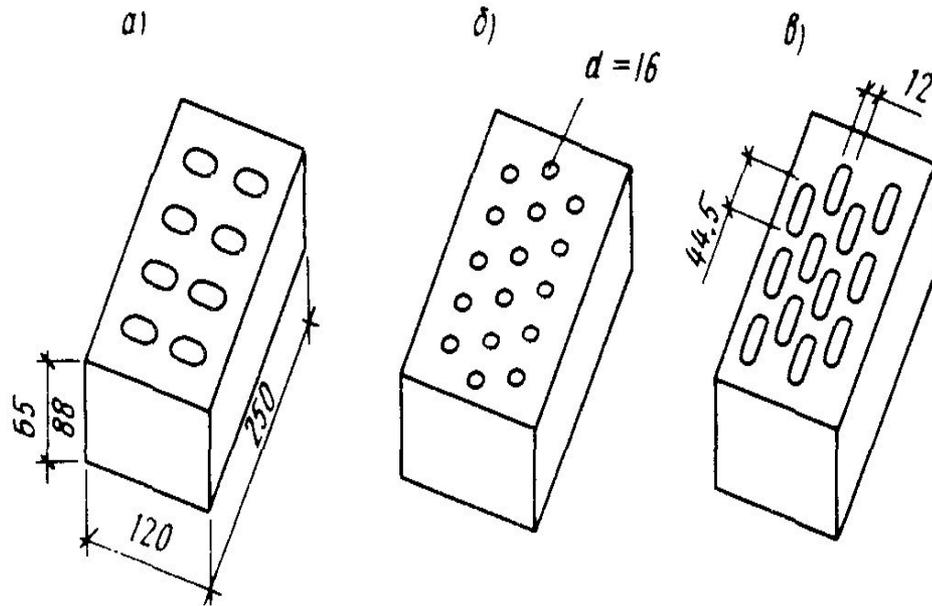


Рис. 11.1. Виды кирпича:

а кирпич керамический обыкновенный полусухого прессования с сквозными пустотами; **б** кирпич керамический пластического прессования с круглыми пустотами; **в** то же, со щелевидными

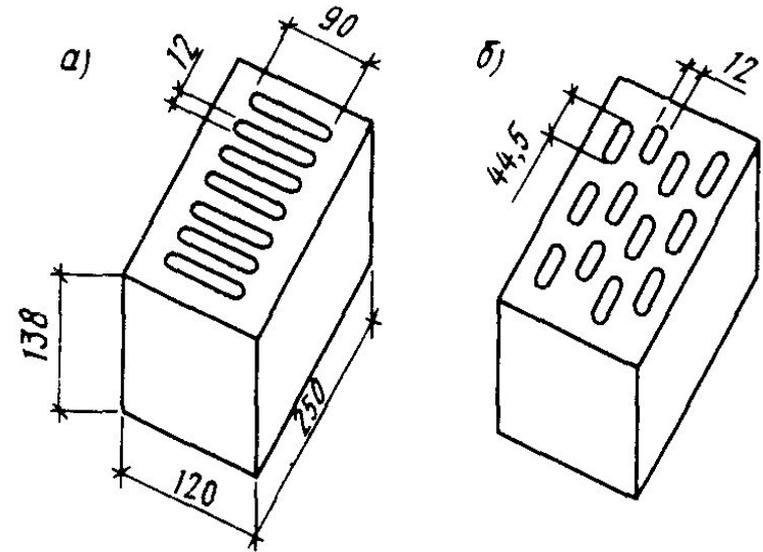


Рис. 11.2. Камни керамические пустотелые: **а** с поперечными пустотами; **б** - то же, с продольными

Кирпич выпускают **одинарный** размерами 250 x 120 x 65 мм и **модульный (утолщенный)** размерами 250 x 120 x 88 мм. Кирпич одинарный изготавливают обычно полнотелый либо с технологическими пустотами. Кирпич модульный с целью уменьшения массы выпускают с технологическими круглыми или щелевидными пустотами.

КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Штучные камни для ручной каменной кладки: керамические, бетонные, природные правильной или неправильной формы (бут).

Керамические камни: пустотелые пластического прессования размерами 250x120x138 мм с поперечными и продольными пустотами.

Бетонные камни: сплошные и пустотные размерами 390 x 190 x 188 мм из тяжелого и легкого бетонов; крупные блоки из тяжелого бетона имеют размеры 2380 x 400 x 580 мм.

Природные камни правильной формы выпиливают из массива горной породы или распиливают из блока заготовок. Для этих изделий применяют твердые горные и осадочные породы (гранит, известняк, мрамор).

Керамический полнотелый и силикатный кирпичи применяют для кладки несущих стен и столбов; керамический пустотелый – для кладки наружных стен отапливаемых зданий.

Керамические и бетонные камни используют при возведении стен и перегородок.

Крупные блоки из тяжелого бетона, кроме того, применяют для кладки стен фундаментов.

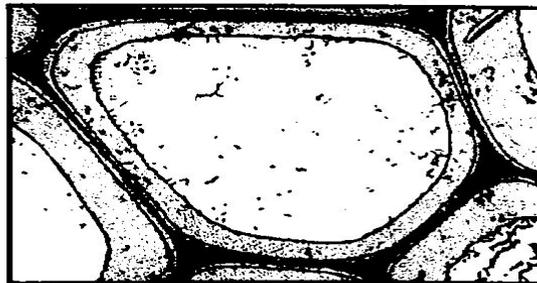
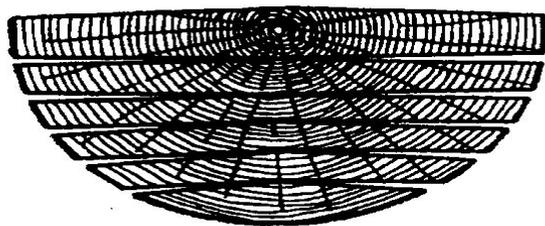
Природные камни из тяжелых пород (известняки, песчаники, гранит) используют в основном для облицовки стен и кладки фундаментов, а из камней легких пород (туф, известняк, ракушечник) в некоторых районах возводят стены.

Основной характеристикой каменных материалов является их **прочность**, характеризующаяся **маркой**. **Марка по прочности** – это временное сопротивление образцов при сжатии в МПа . Камни марок 4...50 – материалы **малой прочности** (

ПРИРОДНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Древесина и древесные строительные материалы

Структура древесины представляет собой конструктивное сочетание целлюлозы с лигнином.



Коробление древесины при высыхании (с появлением трещин усушки)

Целлюлоза может быть выражена эмпирической формулой $[C_6H_{10}O_5]_n$ или в другом виде, где n — степень полимеризации, которая у древесной целлюлозы достигает значений от 300 до

Лигнин — структурообразующий компонент древесины, природный полимер, высокомолекулярная ароматическая часть, количество которой в древесине хвойных пород составляет 28—30%, а в древесине лиственных пород — 18—24%.

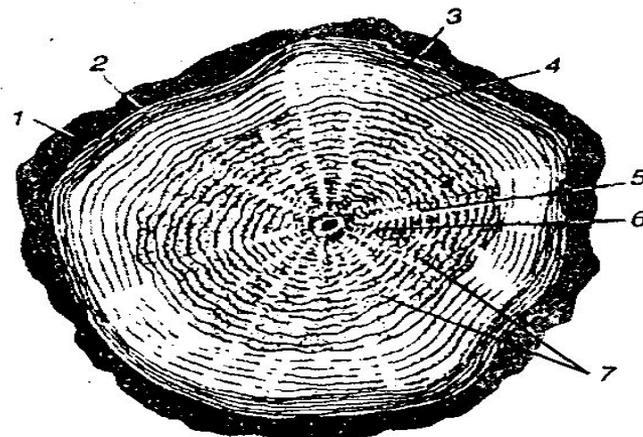
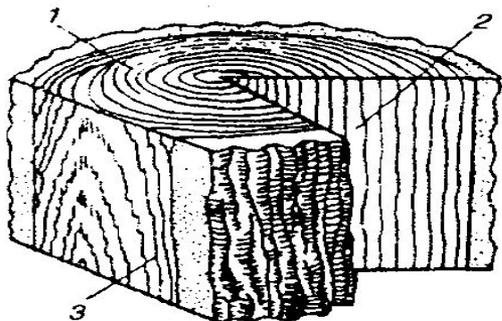
Экстрактивные вещества — смолы и смоляные кислоты, танниды (дубители), эфирные масла, красители и пр. Содержание смол в лиственных породах до 1%, в хвойных может быть

Предел насыщения — это насыщение древесины гигроскопической влагой на 25—35% (в среднем 30%) к массе абсолютно сухой древесины

Насыщение гигроскопической влагой до этого значения сопровождается набуханием древесины, изменением (ухудшением) ее физических и механических свойств. Увеличение влаги свыше 30%-ного ее содержания на механических свойствах древесины почти не отражается; не увеличивается и объем ее за счет набухания.

ПРИРОДНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Анатомическое строение древесины



Основные разрезы ствола: 1 — торцовый; 2 — радиальный; 3 — тангенциальный

Торцовый разрез ствола: 1 — кора; 2 — луб; 3 — камбий; 4 — заболонь; 5 — ядро; 6 — сердцевина; 7 — сердцевинные лучи

Кора составляет от 6 до 25% объема ствола, остальная часть его служит древесиной, в которой наблюдается светлое периферическое кольцо — **заболонь** и более темная центральная часть — **ядро**. **Камбий** находится между заболонью и **лубом**. Все эти части составляют макроструктуру древесины. У некоторых древесных пород (дуб, бук, клен и др.) на торцовом сечении можно видеть узкие радиально расположенные полосы, которые называются **сердцевинными лучами**.

В породах может отсутствовать ядровая часть, и тогда породы именуются **заболонными** (береза, липа, клен, граб и др.). В других породах заболонь имеет цвет центральной части ствола, причем последняя остается более сухой; такие породы называются **спелодревесными** (ель, пихта, осина, бук и др.).

ПРИРОДНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Качественные показатели древесных материалов

Объемная усушка $U_{об}$ в процентах без учета продольной усушки $U_{об} = \frac{ab - a_0b_0}{ab} \cdot 100$,

где a и b — размеры образца соответственно в тангенциальном и радиальном направлениях;
 a_0 и b_0 — размеры образца в тех же направлениях в абсолютно сухом состоянии

Средняя плотность древесины с фактической влажностью с пересчетом на стандартную влажность 12%:

$$\rho_{012} = \rho_{0W} \cdot [1 + 0,01 \cdot (1 - k_0) \cdot (12 - W)],$$

где ρ_{012} — средняя плотность образца древесины при влажности $W = 12\%$; k_0 — коэффициент объемной усушки, который показывает, на сколько процентов изменяется объем образца при изменении его влажности на 1%.

Предел прочности древесины (с влажностью W в момент испытания) **при сжатии вдоль волокон** ($R_{сжW}$) определяют на стандартных образцах (прямоугольных призмах сечением 20x20 мм и длиной 30 мм) и рассчитывают по формуле

$$R_{сжW} = \frac{P_{max}}{ab},$$

где P_{max} — максимальная разрушающая нагрузка, Н; a и b — размеры поперечного сечения, м.

Предел прочности при сжатии поперек волокон значительно меньше (10 — 30%) предела прочности при сжатии вдоль волокон.

Предел прочности при растяжении вдоль волокон в 2 — 3 раза выше, чем при сжатии вдоль волокон.

ПРИРОДНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Качественные показатели древесных материалов

Предел прочности при статическом изгибе $R_{изг}$ древесины (с влажностью W и моментом испытания) определяют на образцах - балочках размерами 20x20 мм и длиной 300 мм при воздействии двух симметрично расположенных сил и вычисляют по формуле

$$R_{изг} = \frac{Pl}{bh^2}$$

где P — разрушающая сила, Н; l — расстояние между опорами (пролет образца-балки), м; b и h — ширина и высота балки, м.

Прочность древесины при скалывании вдоль волокон невелика и составляет примерно 12 — 25% предела прочности при сжатии вдоль волокон.

Прочность древесины значительно понижается **с увеличением влажности**. Она должна быть приведена к прочности при стандартной влажности 12% по формуле

$$R_{12} = R_w [(1 + \alpha(W - 12))]$$

где R_w — предел прочности при влажности W , %; W — влажность испытуемой древесины, %; α — поправочный коэффициент на влажность, который показывает, насколько изменяется прочность древесины при изменении влажности на 1% (в пределах влажности от 0 до 30%).

Жесткость древесины, ее способность деформироваться под нагрузкой характеризуются **модулем упругости**

$$E = R/\epsilon,$$

где R — предел прочности древесины, ϵ — относительная деформация. Модули упругости при сжатии и растяжении вдоль волокон одинаковы и для сосны составляют 12300 МПа.

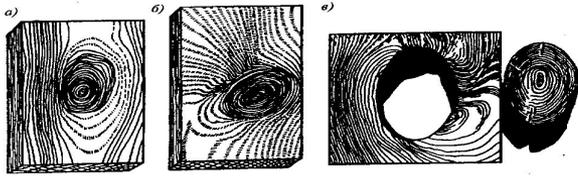
ПРИРОДНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Качественные показатели древесных материалов

Породы дерева	Средняя плотность, кг/м ³	Коэффициент объемной усушки, %	предел прочности, МПа, вдоль волокон при			
			растяжении	сжатию	скалывании (радиальном)	статическом изгибе
<i>Хвойные породы</i>						
Сосна обыкновенная	500	0,44	103,5	48,5	7,5	86,0
Ель	445	0,43	103,0	44,5	6,9	79,5
Лиственница	660	0,52	125,0	64,5	9,9	111,5
Пихта сибирская	375	0,39	67,0	39,0	6,4	68,5
<i>Лиственные породы</i>						
Дуб	690	0,43	123,0	57,5	10,2	107,5
Береза	600	0,54	168,0	55,0	9,3	109,5
Бук	670	0,47	123,0	55,5	11,6	108,5
Липа	495	0,49	121,0	45,5	8,6	88,0
Ольха	520	0,43	101,0	44,0	8,1	80,5
Осина	495	0,41	125,5	42,5	6,3	78,0

ПРИРОДНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

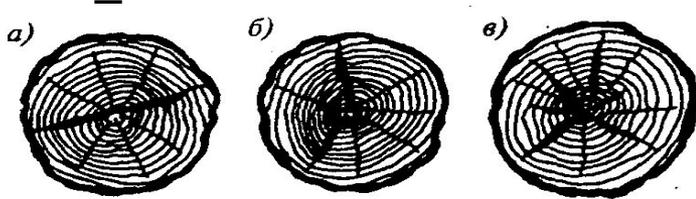
Пороки древесины



1. **Сучки:** здоровый, роговой, выпадающий
Сучки - это основной сортоопределяющий фактор

2. **Ненормальные окраски и гнили:** химические окраски, грибные окраски (гнили)

3. **Водослой** — участок древесины, сильно пропитанный водой



Метиковые трещины в бревне: а) метик простой; б) и в) метики сложные

5. **Кривизна ствола** — искривление по длине ствола, бывает простая и сложная

6. **Закомелистость** — резкое увеличение диаметра комлевой части (в 1—2 раза и более) по сравнению с диаметром сортамента

7. **Пороки строения древесины:** наклон волокон (косослой), крень, свилеватость

косослой — волокна располагаются не параллельно оси ствола, а по спирали;

крень — резкое утолщение поздней зоны годичных слоев;

свилеватость — беспорядочное расположение древесных волокон

8. **Повреждения насекомыми (червоточина)**

9. **Трещины усушки:** торцовые, пластевые, кромочные, сквозные

ПРИРОДНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Материалы и строительные изделия из древесины

Продукция из древесины: лесоматериалы после механической обработки дерева; древесные материалы; модифицированная древесина.

Лесоматериалы подразделяются на **круглые, пиленные, лущеные, фрезерованные (строганные), колотые и побочные продукты** — опилки, стружка, щепа, **древесная мука.**

Круглые лесоматериалы: бревна, кряжи, чураки. По толщине круглые лесоматериалы подразделяют на крупные диаметром более 26 см, средние — от 14 до 24 см, мелкие — от 6 до 13 см.

Пиломатериалы подразделяют на бруски, брусья, пластины, четвертины, доски и горбыль

Бруски имеют толщину менее 100 мм и ширину не более двойной толщины, **брусья** — толщину и ширину более 100 мм; **доски** — толщину менее 100 мм и ширину более двойной толщины. Брусья и доски бывают **обрезные** и **необрезные** (кромки не пропилены или пропилены меньше, чем на половине длины). Доски тоньше 32 мм называют **тонкими**, или **тесом**. Длина досок от 1 до 6,5 м.

Древесные материалы. Доски и брусья хвойных пород делят на пять сортов — отборный, 1, 2, 3 и 4-й. В столярном производстве используют только 1-й и 2-й сорта. Максимальная ширина досок и брусьев 250 мм, брусков — 200 мм. Пиломатериалы лиственных пород делят на три сорта.

Изделия из древесины. **Фрезерованные детали:** плинтусы, карнизы, пояски, наличники, поручни для лестничных перил, обшивки, раскладки, а также доски и бруски для полов (на одной кромке имеют паз, на другой — гребень). **Столярные плиты, паркетные изделия** — штучный паркет, паркетные доски, паркетные щиты и мозаичный (наборный) паркет. **Столярно - строительные изделия** — оконные и дверные блоки, перегородки