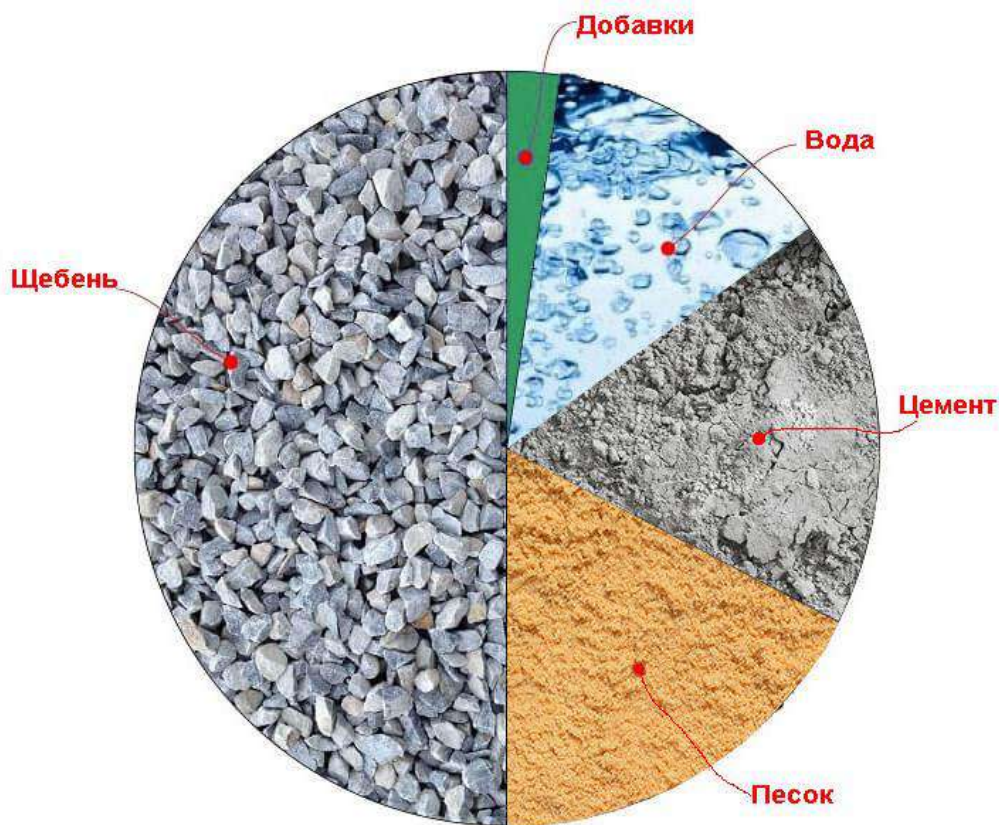


ВИДЫ БЕТОНА И ЕГО КЛАССИФИКАЦИЯ



Автор-составитель:
Старший преподаватель
Шевчук Наталья Артуровна

Гомель, 2020



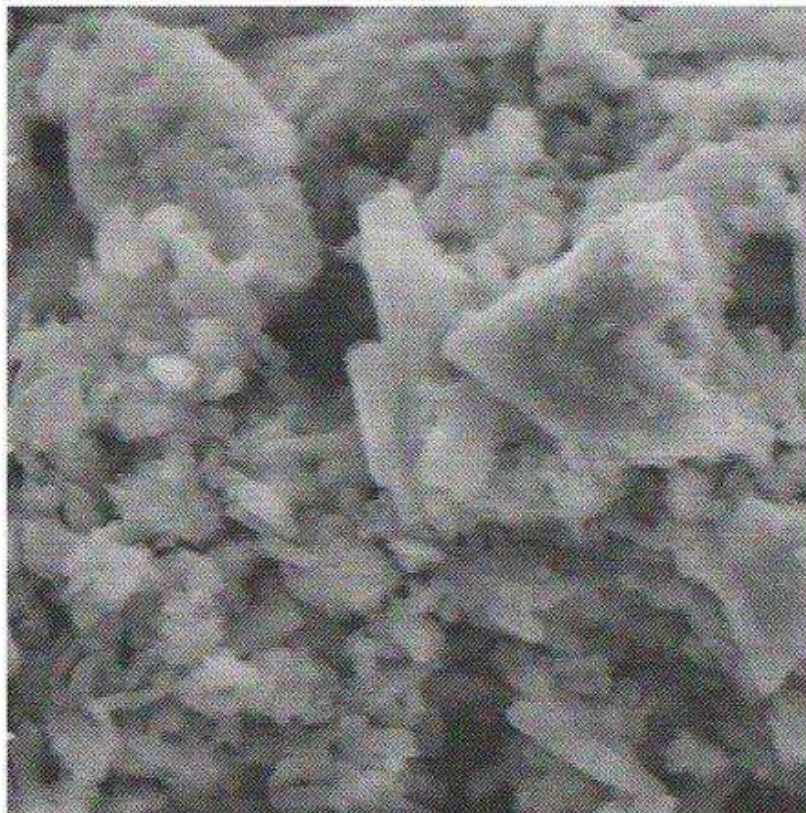
Бетон (от фр. *béton*) — искусственный каменный строительный материал, получаемый в результате формования и затвердевания рационально подобранной и уплотнённой смеси, состоящей из вяжущего вещества (например, цемент), крупных и мелких заполнителей, воды. Может иметь в составе специальные добавки, а также не содержать воды (например, асфальтобетон).

В соответствии с СТБ 1310-2002 БЕТОНЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ Общие технические требования

Бетон – искусственный камневидный материал, представляющий собой затвердевшую бетонную смесь.

Бетонная смесь – смесь вяжущего, заполнителей, затворителей и различных добавок.

Физически бетон представляет собой капиллярно-пористый материал, в котором нарушена сплошность массы и присутствуют твердая, жидкая и газообразная фазы, а также вязкая масса – гель.



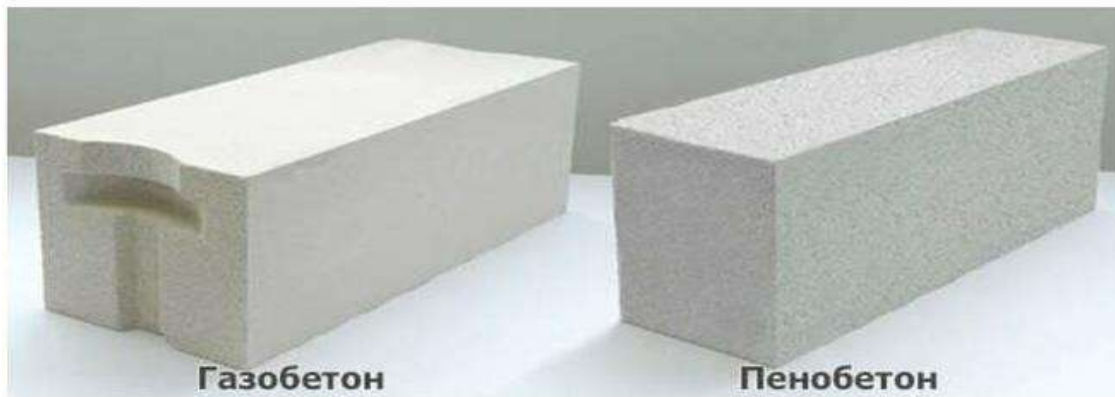
Цементный камень

Структура бетона грубо неоднородна и зависит от многочисленных факторов:

- зернового состава крупных и мелких заполнителей;
- объемной концентрации цементного камня;
- водоцементного отношения (В/Ц);
- условий твердения;
- другое.

Структуру бетона можно представить в виде пространственной решетки из цементного камня (включающего кристаллический сросток, гель и большое количество пор и капилляров, содержащих воздух и воду), в котором хаотично расположены зерна песка и щебня.

В современном строительстве находят применение десятки видов бетонов, среди которых традиционные бетоны, фибробетоны, полистиролбетоны, пористые, гидроизолирующие и другие. По некоторым показателям они приблизились к природному камню и даже металлу.



арболит

керамзитобетон

СТБ 1310-2002

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕТОНЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ

Общие технические требования

БЕТОНЫ. КЛАСІФІКАЦЫЯ

Агульныя тэхнічныя патрабаванні

4 Классификация

4.1 Бетоны классифицируют по:

- назначению;
- средней плотности;
- виду вяжущего;
- виду заполнителей;
- структуре;
- условиям твердения.



КЛАССИФИКАЦИЯ БЕТОНОВ

Признак классификации	Вид бетона	Определения
По основному назначению	Конструкционные	Бетоны конструкций, зданий и сооружений, к которым предъявляют требования, характеризующие механические свойства
	Специальные	Бетоны для конструкций, эксплуатируемых в особых условиях, или для конструкций специального назначения (жаростойкие, химически стойкие, гидротехнические, радиационно-защитные, теплоизоляционные, декоративные, полимербетоны и др.)
По средней плотности	Особо тяжелые	Бетоны со средней плотностью более 2500 кг/м ³
	Тяжелые (обычные)	Бетоны на плотных заполнителях, со средней плотностью 2000...2500 кг/м ³
	Легкие	Бетоны на пористых заполнителях, со средней плотностью 500...2000 кг/м ³
	Особо легкие	Бетоны со средней плотностью менее 500 кг/м ³

Классификация бетонов

Признак классификации	Вид бетона	Определения
По виду вяжущего	На цементных, в том числе композиционных вяжущих	Бетоны на цементах, в т.ч. на основе портландцементного клинкера в соединении с различными минеральными добавками (портландцементы, шлакопортландцемент, сульфатостойкие, белые и цветные портландцементы, ТМЦ, ВНВ и т.д.), цементы на основе или с содержанием глиноземистого клинкера (глиноземистый, напрягающий, безусадочный и т.д.)
	На силикатных (известковых) вяжущих	Бетоны на основе известковых вяжущих автоклавного твердения, включающих в себя известь в сочетании с кремнеземистыми добавками (кварцевый песок, шлаки, золы и т.д.)
	На шлаковых вяжущих	Бетоны на шлакощелочных вяжущих, шлаках или золах, активизированных известью или цементом, или гипсом
	На гипсовых вяжущих	Бетоны на основе полуводного (строительного) гипса, ангидрида, гипсоцементнопуццоланового вяжущего
	На специальных вяжущих	Бетоны на основе неорганических и органических вяжущих (серные, полимерные, фосфатные, магнезиальные, жидкостекольные и т.д.)

Классификация бетонов

Признак классификации	Вид бетона	Определения
По виду заполнителей	На плотных заполнителях	Бетоны на заполнителях из плотных горных пород или плотных шлаков
	На особо плотных заполнителях	Бетоны на заполнителях из рудосодержащих горных пород, чугунного скрапа, металлических стружек и т.д.
	На пористых заполнителях	Бетоны на искусственных и природных крупных и мелких пористых заполнителях и (или) крупных пористых и мелких плотных заполнителях
По крупности заполнителя	Крупнозернистые	Бетоны с содержанием крупного заполнителя
	Мелкозернистые	Бетоны на мелком заполнителе с размером зерен ≤ 5 мм
По структуре	Плотной структуры	Бетоны с воздухом содержанием до 7% и заполнением всего пространства между зернами заполнителей затвердевшим вяжущим (цементным камнем)
	Поризованной структуры	Бетоны с воздухом содержанием более 7% и заполнением всего пространства между зернами заполнителей затвердевшим вяжущим, пено- и газообразующими, поризованным воздухововлекающими, добавками
	Ячейстой структуры	Бетоны, состоящие из затвердевшей смеси вяжущего, кремнеземистого компонента и искусственных равномерно распределенных пор в виде ячеек, образованных газом или пенообразователями
	Крупнопористой структуры	Бетоны, у которых пространство между зернами крупного заполнителя не заполнено мелким заполнителем и затвердевшим вяжущим

Классификация бетонов

Признак классификации	Вид бетона	Определения
По условиям твердения	Твердеющий в естественных условиях	Твердение бетона в естественных условиях при положительных и отрицательных температурах без дополнительного подвода тепла
	Твердеющий при тепловлажностной обработке или при сухом прогреве	Тепловлажностная обработка при температурах до 100 °С и при атмосферном давлении или сухой прогрев при температурах до 120 °С (до 140 °С - при использовании мелких заполнителей, содержащих гидравлически активные пылевидные добавки) и атмосферном давлении
	Твердеющий в автоклавах	Термообработка в автоклавах при температурах 150-170 °С и давлении 8 атм. и более
По условиям уплотнения	Укладываемый по литевой техн.	Применяются высокоподвижные бетонные смеси, укладываемые в формы без внешнего воздействия
	Уплотняемый вибрированием	Применяются малоподвижные и жесткие бетонные смеси, укладываемые в формы с применением вибрационных воздействий
	Уплотняемый прессованием	Уплотнение бетонных смесей выполняется с применением статического нагружения
	Уплотняемый комбинированным и способами	Уплотнение бетонных смесей выполняется с одновременным воздействием динамических и статических нагрузок

КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ВИДУ ВЯЖУЩЕГО

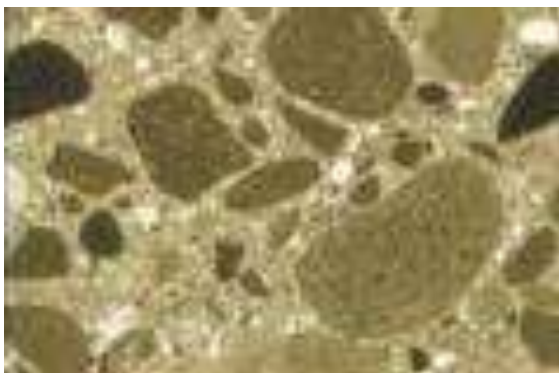
- **цементные;**
- **силикатные автоклавного твердения** (на известково-кремнеземистых, известково-шлаковых вяжущих);
- **гипсовые;**
- **асфальтовые** (на битумном вяжущем);
- **полимерцементные и полимербетоны** (на синтетических смолах).

КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ВИДУ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ

- **на плотных заполнителях** (гранит, известняк);
- **на пористых заполнителях** (керамзит, аглопорит, пемза);
- **на специальных заполнителях** (чугунная дробь, барит, стальная стружка)

КЛАССИФИКАЦИЯ ПО СТРУКТУРЕ

Бетоны плотной структуры



Бетоны поризованной структуры



Бетоны ячеистой структуры



Бетоны крупнопористой структуры



Материалы для тяжелого бетона

Вода для затворения не должна содержать мелких примесей (как правило применяют питьевую воду).

Мелкий заполнитель – природный или искусственный (полученный путем дробления горных пород, шлаков, обжиговых материалов) песок.

Рыхлая смесь зерен (крупностью 0,16...5 мм).

Содержание частиц размером менее 0,16 мм не должно превышать 10 %, глинистых и пылевидных частиц – 3 %.

Крупный заполнитель – щебень и гравий естественного или искусственного происхождения. По степени крупности подразделяется на фракции: 5-10 мм, 10-20 мм, 20-40 мм, 40-70 мм.

Фракции дозируются отдельно, их количество в бетонной смеси должно обеспечивать наиболее компактную укладку. Выбираются по прочности, морозостойкости. Количество примесей (глина, ил, органика) не должно превышать 1...3 %.

Прочность и морозостойкость крупного заполнителя должна быть в 1,5...2 раза выше прочности и морозостойкости проектируемого бетона.

Добавки (пластифицирующие, газообразующие, противоморозные, замедлители и ускорители твердения, комплексные) вводят для модификации основных свойств бетона.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Цемент. ГОСТ 31108-



Песок. ГОСТ 8736-93



Щебень. ГОСТ 8267-



Вода. ГОСТ 23732-2011



ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

В качестве вяжущих в бетонах используют различные цементы, чаще портландцемент и его разновидности. Выбор вида цемента зависит от условий эксплуатации конструкций, особенностей технологии изготовления и требуемой прочности бетона.

Для экономного расходования цемента необходимо, чтобы его прочность (марка) превышала заданную прочность бетона примерно в 1,5 раза. Для высокопрочных бетонов ($R_b > 60$ МПа) соотношение R_b / R_c близко к 1.

Рекомендуемые и допускаемые марки (классы) цемента

Класс бетона по прочности на сжатие	Марки (классы) цемента для бетона	
	рекомендуемые	допускаемые
C 8/10... C20/25	400 (32,5)	500 (42,5)
C25/30	500 (42,5)	550, 600 (52,5)
C30/37	550 (52,5)	500 (42,5), 600 (52,5)
C35/45...C90/105	600 (52,5)	500 (42,5), 550 (52,5)

Для неармированных бетонных конструкций расход цемента – не менее 200 кг/м³ бетона, для железобетонных конструкций – не менее 220 кг/м³. Максимальный расход цемента не должен превышать 600 кг/м³ бетона.

Роль заполнителей

- ▶ Заполнители занимают в бетоне до 80 % объема и оказывают влияние на свойства бетона, его долговечность и стоимость. Введение в бетон заполнителей позволяет резко сократить расход цемента, являющегося наиболее дорогим и дефицитным компонентом. Кроме того, заполнители улучшают технические свойства бетона.
- ▶ Жесткий скелет из высокопрочного заполнителя несколько увеличивает прочность и модуль деформации бетона, уменьшает деформации конструкций под нагрузкой, а также ползучесть бетона -- необратимые деформации, возникающие при длительном действии нагрузки. Заполнитель уменьшает усадку бетона, способствуя получению более долговечного материала. Усадка цементного камня при его твердении достигает 1 ... 2 мм/м. Из-за неравномерности усадочных деформаций возникают внутренние напряжения и даже микротрещины.
- ▶ Заполнитель воспринимает усадочные напряжения и в несколько раз уменьшает усадку бетона по сравнению с усадкой цементного камня.

Заполнители для бетона

Мелкий
заполнитель



Песок

Крупный заполнитель



Щебень



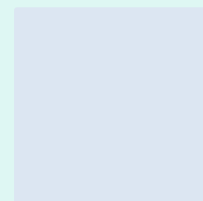
Гравий

Классификация заполнителей

Классификационный показатель	Вид заполнителей	Характеристика классификационного показателя
Размер зерен	мелкий крупный	≤ 5 мм > 5 мм
Форма зерен	гравий щебень	зерна окатанной формы зерна остроугольной формы
Насыпная плотность (ρ_0)	тяжелые легкие	$\rho_0 > 1100$ кг/м ³ $\rho_0 \leq 1100$ кг/м ³
Пористость (П)	плотные пористые	$P \leq 10\%$ $P > 10\%$
Происхождение и методы получения	природные	Добываются из природных месторождений
	дробленые	Получают дроблением горных пород
	искусственные	Получают из природного сырья или отходов промышленности с помощью специальных технологий
Назначение	для тяжелых, легких, жаростойких, кислотостойких, гидротехнических, радиационно-стойких и других бетонов	Свойства заполнителей должны соответствовать необходимым свойствам бетонов

Виды бетона по виду заполнителя

Вид бетона	Заполнитель	Плотность, кг/дм ³
Тяжелый	Щебень, гравий, песок	$> 2, \leq 2,5$
Легкий	Керамзит, вермикулит, аглопорит...	$\leq 2,0$
Особо тяжелый	Железная руда, свинцовая дробь...	$> 2,5$



Качество заполнителей оценивают:

- - по зерновому или гранулометрическому составу,
- - насыпной плотности,
- - пустотности,
- - содержанию вредных примесей,
- - влажности.

Рекомендуемое содержание отдельных фракций крупного заполнителя в составе бетона (ГОСТ 26633-2012)

Наибольшая крупность заполнителя, мм	Содержание фракций в крупном заполнителе, % массы				
	От 5 (3) до 10 мм	Св. 10 до 20 мм	Св. 20 до 40 мм	Св. 40 до 80 мм	Св. 80 до 120 мм
10	100	-	-	-	-
20	25-40	60-75	-	-	-
40	15-25	20-35	40-65	-	-
80	10-20	15-25	20-35	35-55	-
120	5-10	10-20	15-25	20-30	25-35

■ Содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне из изверженных и метаморфических пород, щебне из гравия и в гравии не должно превышать 1% массы.

■ Содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне из осадочных пород не должно превышать 3% массы.

■ Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы в крупном заполнителе не должно превышать 35% массы.

Добавки для бетонов

- **Химические добавки вводят с целью** целенаправленного изменения свойств бетонной смеси и бетона. Они могут быть органическими и неорганическими.

По эффекту действия добавки классифицируют на:

- **регулирующие процесс гидратации цемента** (ускорители и замедлители твердения);
- **улучшающие пластичные свойства цементных смесей** (пластификаторы и суперпластификаторы);
- **вовлекающие воздух при перемешивании бетонных смесей и придающие цементному камню водоотталкивающие свойства** (воздухововлекающие и гидрофобные);
- **создающие ячеистую структуру в бетоне** (пено- и газообразующие);
повышающие плотность цементного камня (уплотняющие);
- **препятствующие разрушению арматуры в бетоне** (ингибиторы коррозии стали);
- **защищающие бетон от разрушения микроорганизмами** (биоцидные);
- **обеспечивающие твердение цемента при отрицательной температуре без обогрева** — противоморозные.

Классификация химических добавок

Вид добавки	Назначение
Ускорители твердения (NaCl , Na_2SO_4)	Ускорение набора прочности при естественном твердении и ТВО
Замедлители твердения (СДБ)	Замедление твердения при длительной перевозке бетонной смеси и » / воздуха
Гидрофильные — пластификаторы и суперпластификаторы (СП) - СДБ, С-3	Повышение подвижности бетонной смеси; при < расхода воды и сохранении заданной подвижности » R, F, W бетона
Гидрофобные (асидол, мылонафт)	Повышение водостойкости и водонепроницаемости бетона за счет придания водоотталкивающих свойств
Воздухововлекающие (СНВ)	Повышение морозостойкости бетона за счет > объема замкнутых пор
Пено- и газообразующие (мыльный корень, А1-пудра)	Снижение средней плотности бетона за счет создания ячеистой, пористой структуры
Ингибиторы коррозии стальной арматуры (NaNO_2 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)	Повышение стойкости арматуры при эксплуатации ЖБ конструкций в условиях действия кислотосодержащих и хлорсодержащих сред
Уплотняющие (FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	Повышение плотности и водонепроницаемости бетона за счет заполнения пор нерастворимыми продуктами реакции цемент + добавка
Противоморозные (CaCl_2 , NaCl , K_2CO_3 , NaNO_2 , ННК, ННХК)	Обеспечение твердения бетона при $-t$ °С воздуха за счет понижения γ замерзания воды затворения и > растворимости минерального вяжущего

Классификация добавок согласно ДСТУ Б В.2.7-171 (EN 934-2)

- Добавки регулирующие свойства бетонной смеси:

- Пластифицирующие (водоредуцирующие)

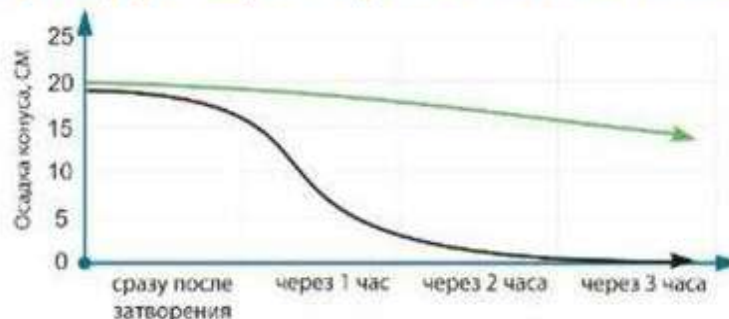


- Водоудерживающие (стабилизирующие)



- Противоморозные

- Регулирующие сроки схватывания



Ускорители и замедлители схватывания и твердения бетона

Химические добавки-ускорители вводят для:

- повышения ранней прочности бетона,
- уменьшения расхода цемента,
- сокращения времени тепловой обработки изделий,
- снижения температуры прогрева и времени предварительного выдерживания.

Добавки-ускорители схватывания: фтористый натрий (NaF), сульфат калия (K_2SO_4), хлористый кальций (CaCl_2), жидкое стекло (калиевое или натриевое).

Добавки-ускорители твердения: сульфат натрия (CH), хлористый кальций (ХК), нитрат кальция (НК), нитрит-нитрат-хлорид кальция (ННХК), хлорид железа (ХЖ), формиат кальция (ФК).

По механизму действия добавки-ускорители делят на:

1. Электролиты, изменяющие растворимость вяжущих веществ.
2. Добавки, реагирующие с вяжущими веществами с образованием труднорастворимых или малодиссоциированных соединений.
3. Готовые центры кристаллизации (кристаллические затравки). Например, «кренты» - сульфатсодержащие твердые вещества, вводимые на стадии изготовления портландцемента .

Ускорители и замедлители схватывания и твердения бетона

Добавки, **замедляющие схватывание**, необходимы при бетонировании в жаркую погоду, транспортировании бетонных смесей на значительные расстояния, для предотвращения быстрого загустевания и потери подвижности бетонных смесей, содержащих в своем составе суперпластификаторы, а также в ряде других случаев, в частности, при цементировании скважин.

Замедлителями схватывания являются: меласса, декстрин, ЛСТ, мылонафт в повышенных дозировках, животный клей. Это органические вещества, которые легко адсорбируются на поверхности растущих частиц продуктов гидратации цемента, особенно гидросиликатов кальция, создавая непроницаемую для воды пленку. Замедлители более эффективны для цементов с низким содержанием алюминатов кальция, так как последние или продукты их гидратации поглощают непропорционально большое количество замедлителя. В этой связи замедлители рекомендуется добавлять через 2...5 мин. после смешивания цемента с водой, так как алюминаты к этому времени уже частично прореагировали с гипсом и адсорбируют меньше замедлителя.

Ускорители и замедлители схватывания и твердения бетона

Замедлителями твердения бетона являются соли цветных металлов: $ZnSO_4$; $ZnCl_2$; $CuSO_4$, $PbSO_4$. По влиянию на сроки до начала схватывания неорганические соли с одинаковым анионом располагаются в следующий ряд:



Механизм торможения процессов гидратации вяжущего обусловлен образованием на поверхности частиц цемента гелеобразных защитных пленок из труднорастворимых гидроксидов этих металлов. Вследствие торможения процессов гидратации цемента добавки замедляют также начальную стадию твердения и раннюю прочность бетона, однако для заданного типа добавок этот эффект зависит от их дозировки и вида цемента.

Замедлители твердения обеспечивают снижение прочности бетона на 30% и более в возрасте до 7 суток. Дополнительный эффект – замедление схватывания бетона, повышение прочности бетона в возрасте 28 суток и более, снижение скорости (интенсивности) **тепловыделения**, снижение проницаемости бетона.

В качестве противоморозных добавок используют

однокомпонентные:

- - хлорид натрия и кальция,
- - карбонат калия (поташ),
- - нитрит натрия,
- - мочевины,

так и комплексные:

- - нитрит - нитрат Са (ННК),
- - нитрит – нитрат - хлорид Са (ННХК).

Противоморозные добавки



1. Добавки, понижающие температуру замерзания жидкой фазы бетона и принадлежащие к числу либо слабых ускорителей, либо замедлителей схватывания и твердения цемента. К ним относятся некоторые сильные электролиты, такие как нитрит натрия (НН) – NaNO_2 , хлорид натрия (ХН) – NaCl ; слабые электролиты, например водные растворы аммиака; неэлектролиты; вещества органического происхождения, например, многоатомные спирты и карбамид.

2. Добавки, совмещающие в себе способность к сильному ускорению процессов схватывания и твердения цементов с хорошими антифризными свойствами. К ним относятся поташ (П) – K_2CO_3 , добавки на основе хлорида кальция – смеси хлорида кальция с хлоридом натрия (ХК+ХН), нитритом натрия (ХК+НН), нитрит-нитратом кальция (ХК+ННК), мочевиной (ХК+М) и др.

Противоморозные добавки



Поташ K_2CO_3 (калий углекислый) по ГОСТ 10690-73 "Калий углекислый технический" представляет собой кристаллический порошок, хорошо растворимый в воде. Температура замерзания насыщенного раствора составляет $-36,5^{\circ}C$.

Поташ сильно ускоряет схватывание и твердение бетона и применяется при строительных работах в зимний период, если во время выдерживания до приобретения критической прочности температура бетона с максимальной дозировкой добавки не опустится ниже $-25^{\circ}C$.

Основные недостатки:

- бетонные смеси характеризуются короткими сроками схватывания;
- снижение морозостойкости бетона;
- иницирование щелочной коррозии бетона;
- возникновение внутренних напряжений, приводящих к появлению микро- и макротрещин;
- потеря бетоном с электропрогревом до 30% прочности, снижение морозостойкости и водонепроницаемости.

Комплексные химические добавки

Для получения эффекта полифункционального действия применяют комплексные добавки, включающие несколько компонентов. Комплексные добавки можно условно разделить на пять групп:

- смеси ПАВ (I);
- смеси электролитов (II),
- смеси ПАВ и электролита (III),
- комплексные добавки на основе суперпластификаторов (IV),
- сложные многокомпонентные комплексные добавки (V).

В комплексных добавках **первой группы** наиболее часто применяют сочетание пластифицирующих компонентов диспергирующего действия и гидрофобизирующих воздухововлекающих (ЛСТ+СНВ) или гидрофобизирующих газообразующих компонентов (ЛСТ+ГКЖ-94). Комплексные добавки отличаются универсальным действием на бетонные смеси с **разным расходом цемента** (высоким или низким). Отдельные компоненты как бы дополняют друг друга, делая добавки более универсальными по отношению к **цементам разного минералогического состава**.

Комплексные химические добавки

Комплексные добавки **II группы**, включающие ПАВ и электролиты, расширяют возможность модифицирования бетона и бетонной смеси. Введением электролитов регулируют темп твердения и улучшаются структурно-механические свойства бетона, например, повышается его плотность, а ПАВ позволяют регулировать подвижность бетонной смеси, ее воздухоудерживание и др. свойства (ЛСТ+СН; ЛСТ+ННХК; ЛСТ+ГКЖ-94+СН; ГКЖ-10+ НК). Вместе с тем, проектируя комплексные добавки II группы, необходимо учитывать, что некоторые компоненты могут обладать несовместимостью.

В комплексных добавках **III группы** сочетание электролитов с разным механизмом воздействия на бетонную смесь и бетон позволяет устранить недостатки некоторых однокомпонентных добавок и добиться полифункционального эффекта. Например, сочетание ускорителей твердения и ингибиторов (ННХК; ХК+НН; ННК) уменьшает опасность коррозии арматуры в железобетонных конструкциях, а сочетание поташа и алюмината натрия регулирует сроки схватывания бетонной смеси. Наиболее широко комплексные добавки III группы используют при зимнем бетонировании.

Комплексные химические добавки

Комплексные добавки на основе суперпластификаторов (**IV группа**) являются наиболее эффективными и перспективными модификаторами свойств бетонной смеси и бетона. Основным путем реализации концепции бетонов нового поколения является модифицирование бетонов с использованием более совершенных и технологичных материалов. Это могут быть смесевые композиции из традиционных добавок в новых отпускных формах или специально синтезированные органические продукты.

Комплексная добавка на основе суперпластификатора и воздухововлекающей добавки, например, С-3+СНВ; С-3+ЛСТ+СНВ обеспечивает высокую морозостойкость и долговечность бетона.

К комплексным добавкам **V группы** можно отнести сложные многокомпонентные комплексы, предназначенные для специальных целей.

Минеральные добавки в технологии бетона



Silica fume – микрокремнезем (кремнеземистая пыль)


Средний размер частиц < 1 μm;

Насыпная плотность 130-430 kg/m³;

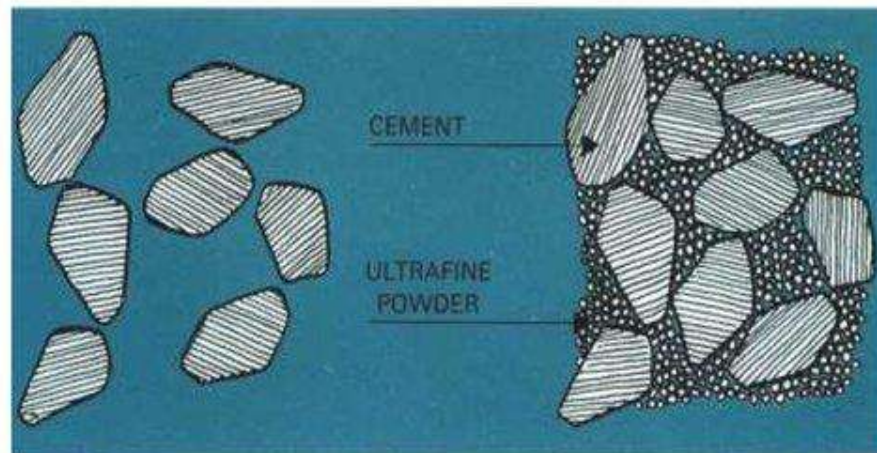
Истинная плотность 2.2 g/cm³;

Удельная поверхность (БЕТ) 13000- 30000 m²/kg;

Содержание аморфного оксида кремния 80-90 %.



Пыль, улавливаемая рукавными фильтрами (as-produced powder)



Минеральные добавки в технологии бетона

Золо-шлаковые смеси ТЭС



Зола-унос



Шлак

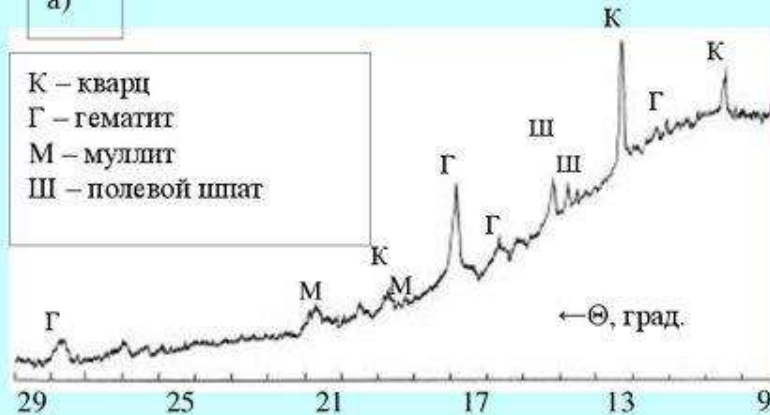


Молотый шлак

Материал	Content of oxides, wt %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	SO ₃	ппп
ЗУ	53.6	21.8	15.4	0.8	2.5	1.0	2.8	0.02	1.31
МШС	55.7	22.4	15.0	0.8	2.1	1.6	3.1	0.01	0.02

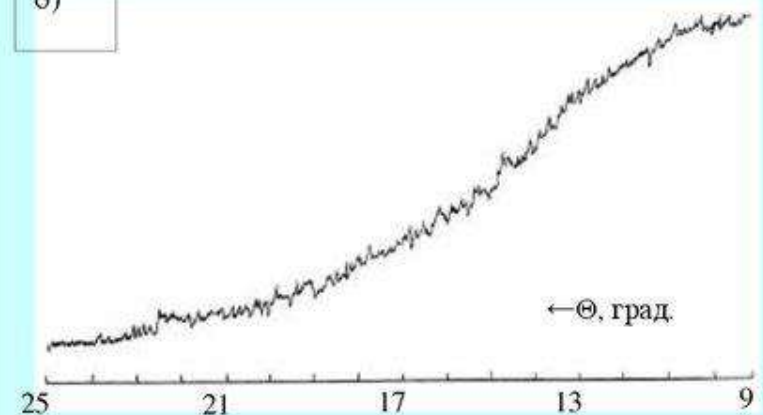
Минеральные добавки в технологии бетона

а)

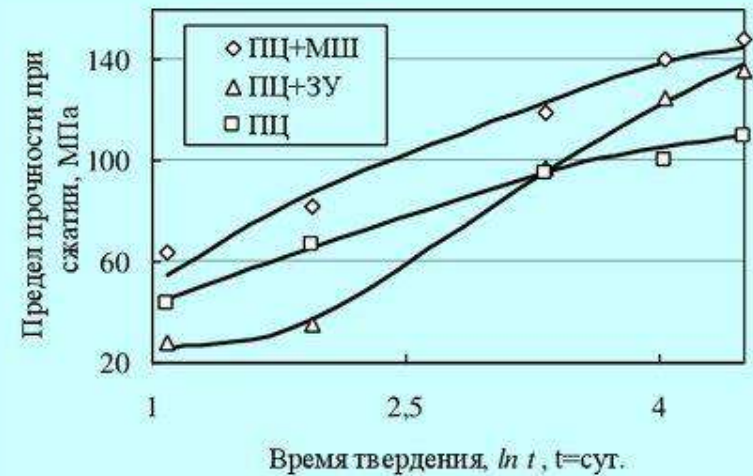
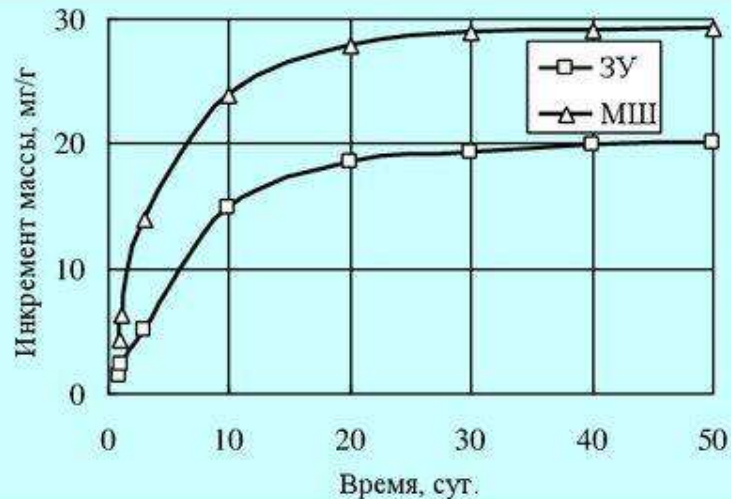


Зола-унос

б)



Молотый шлак



Органо-минеральные модификаторы в технологии бетона



Sikacrete® PP1 HR

Sikacrete-PP1 HR - порошкообразная, комплексная пластифицирующая добавка, для бетона на основе технологии микрокремнезема и полимеров с сильным разжижающим действием.

Органо-минеральные модификаторы в технологии бетона



Модификатор бетона Геокон G 12 - G 14

(ЗАО "Евроресурс Корп" г. Киев) - композиционный материал, минеральная часть которого состоит из высокоактивных оксидов кремния. Органическая часть представлена суперпластификатором, регуляторами сроков схватывания и др. добавками.

Модификаторы бетона полифункционального действия серии «МБ»

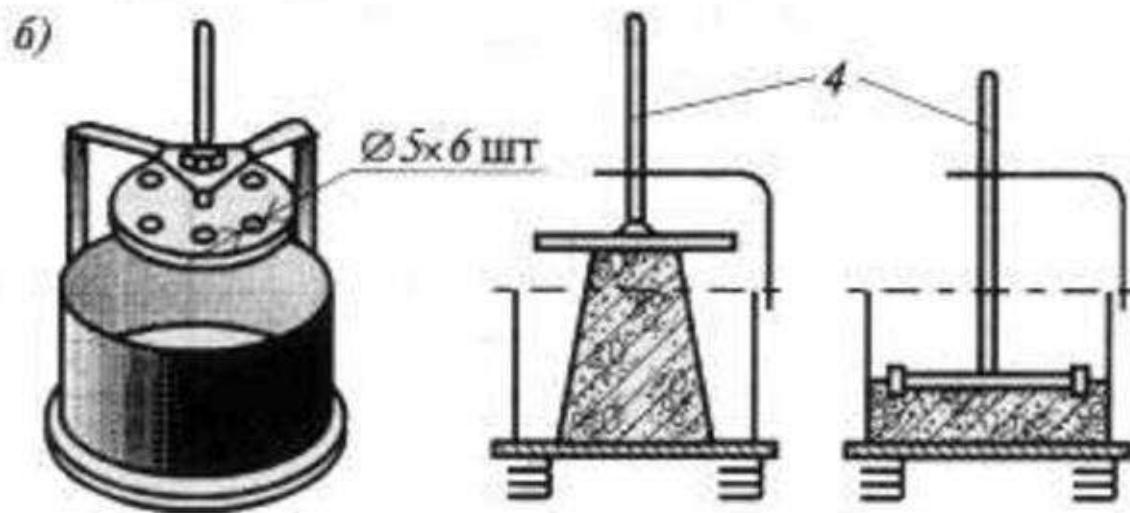
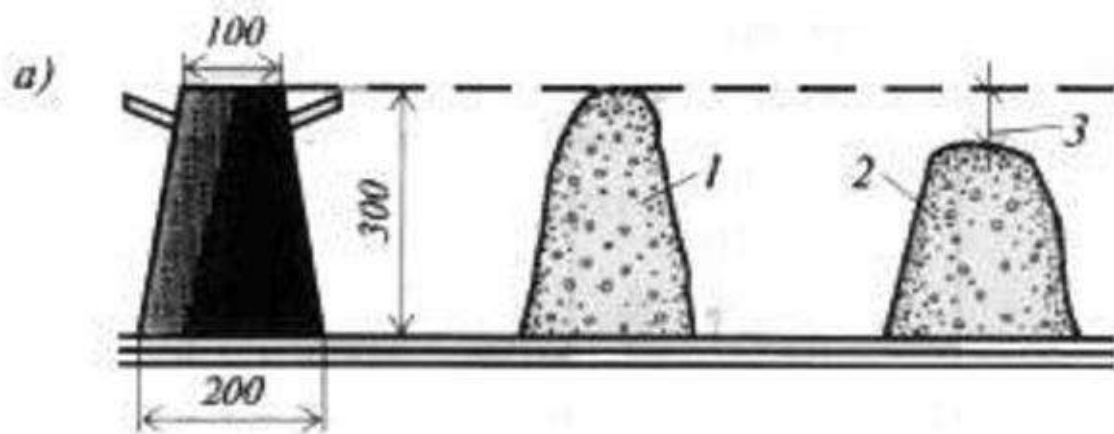
порошкообразные композиционные материалы на органо-минеральной основе, минеральная часть которых состоит из микрокремнезема или его смеси с кислой золой-уноса или расширяющейся композицией, а органическая часть представлена суперпластификатором или его смесью с регулятором твердения и другими добавками. Модификаторы серии "МБ" предназначены для производства бетонов с высокими эксплуатационными свойствами, в том числе сверхвысокопрочных, которые обычно можно получить только благодаря совместному использованию специальных цементов с добавками микрокремнезема и суперпластификатора.



Технологические свойства

- Для производства работ и обеспечения высокого качества бетона в конструкциях и изделиях необходимо, чтобы бетонная смесь имела консистенцию, соответствующую условиям ее укладки и уплотнения, т.е. определенную **удобоукладываемость**.
- Под **удобоукладываемостью** понимают способность бетонной смеси под действием определенных приемов и механизмов легко укладываться в форму и уплотняться, не расслаиваясь.

Определение удобоукладываемости бетонной смеси по осадке конуса



Определение
удобоукладываемости
бетонной смеси:

а) прибор (конус)
для определения
подвижности
бетонной смеси:

1 - жесткая смесь;

2 - подвижная смесь;

3 - осадка конуса;

б) прибор для
определения
жесткости

бетонной смеси:

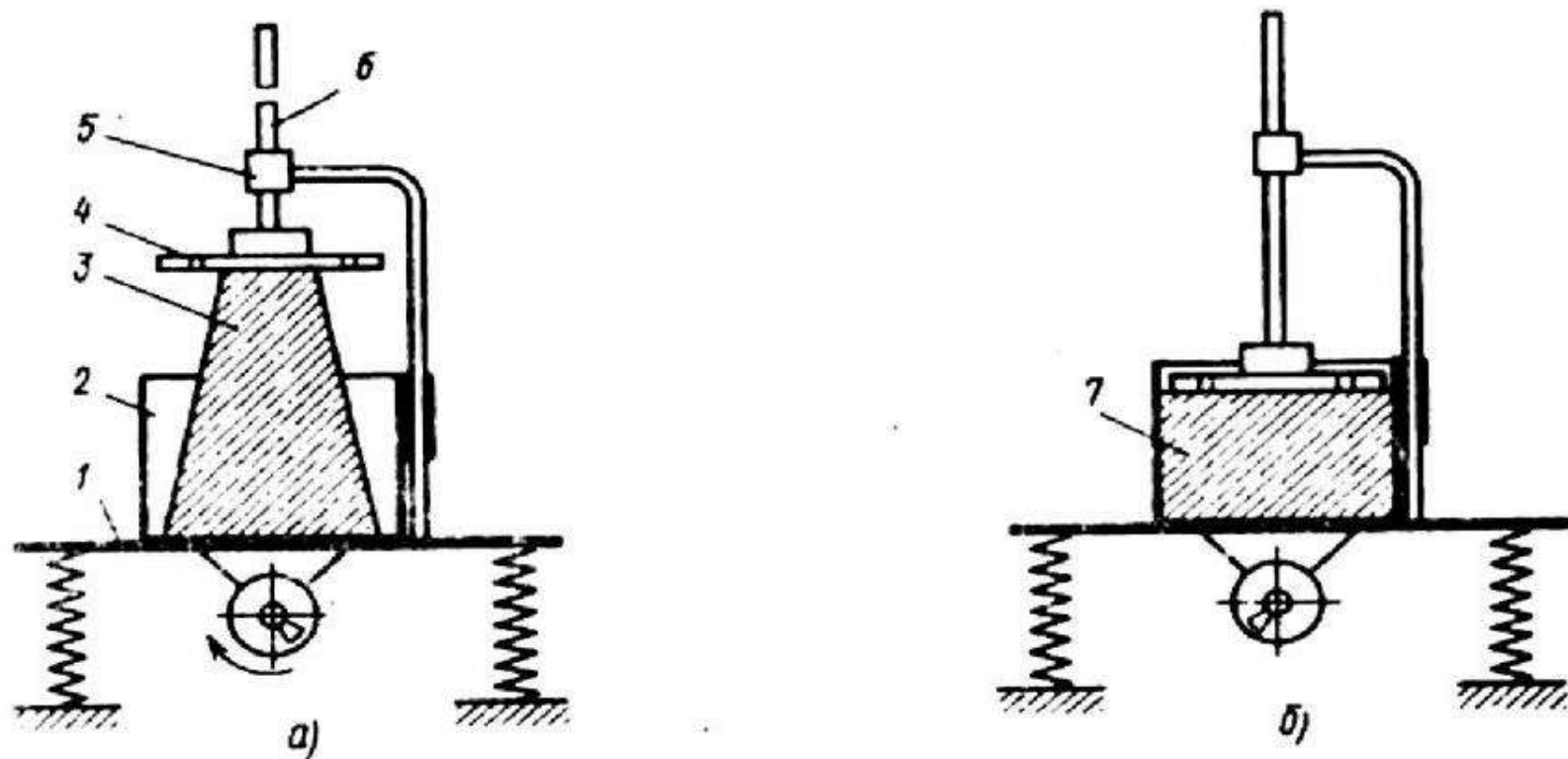
4 - схема испытания.

Марка по удобоукла- дываемости	Норма удобоукладываемости по показателю		
	жесткости, с	подвижности, см	
		осадка конуса	распływ конуса
Сверхжесткие смеси			
СЖ3	Более 100	-	-
СЖ2	51-100	-	-
СЖ1	50 и менее	-	-
Жесткие смеси			
Ж4	31-60	-	-
Ж3	21-30	-	-
Ж2	11-20	-	-
Ж1	5-10	-	-
Подвижные смеси			
П1	4 и менее	1-4	-
П2	-	5-9	-
П3	-	10-15	-
П4	-	16-20	26-30
П5	-	21 и более	31 и более

Основное технологическое свойство бетонной смеси оценивают показателями:

- - **подвижности** – характеристика удобоукладываемости пластичных смесей, способных деформироваться под действием собственного веса.
- Характеризуется осадкой стандартного конуса, отформированного из испытуемой бетонной смеси (осадкой под действием собственного веса сформованного из бетонной смеси конуса ОК, в сантиметрах XXXXXXXXXX)
- - **жесткости** – характеристика удобоукладываемости бетонных смесей, у которых не наблюдается осадки конуса ($ОК = 0$), (временем вибрирования, в секундах, необходимым для требуемого растекания смеси при испытании на стандартном приборе)

Схема определения жесткости (Ж) бетонной смеси

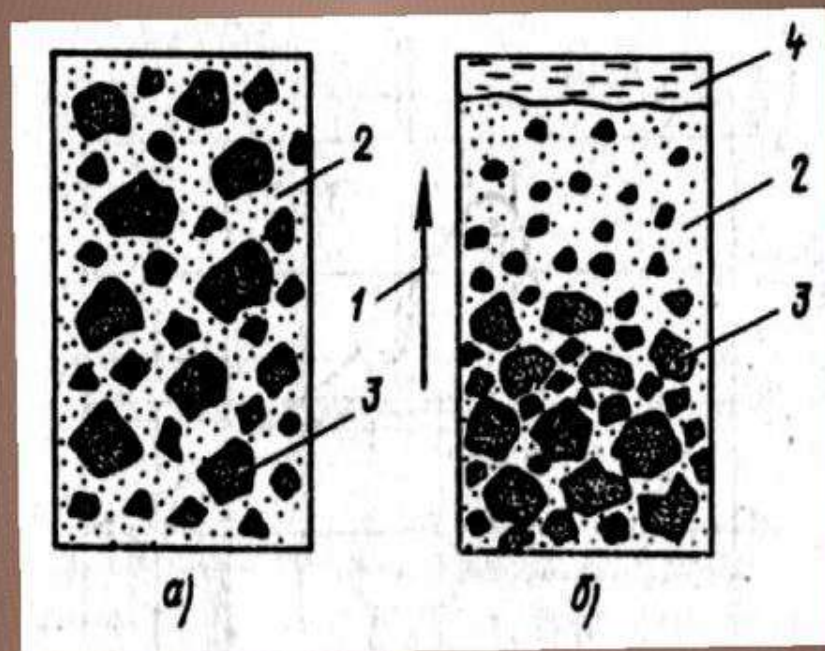


а — прибор в начальном положении; *б* — то же в момент окончания испытаний; 1 — виброплощадка; 2 — цилиндрическая форма; 3 — бетонная смесь; 4 — диск с отверстиями; 5 — втулка; 6 — штанга; 7 — бетонная смесь после вибрирования

Помимо удобоукладываемости бетонные смеси характеризуются :

- - *средней плотностью,*
- - *объемом вовлеченного воздуха,*
- - *расслаиваемостью,*
- - *сохраняемостью во времени свойств:*
 - удобоукладываемости,*
 - расслаиваемости,*
 - объема вовлеченного воздуха.*

Связность – способность бетонной смеси сохранять однородную структуру, т.е. не расслаиваться в процессе транспортирования, укладки и уплотнения.



а — свежеприготовленная смесь; **б** — расслоившаяся смесь; **1** — направление движения воды; **2** — цементно-песчаный раствор; **3** — крупный заполнитель; **4** — вода

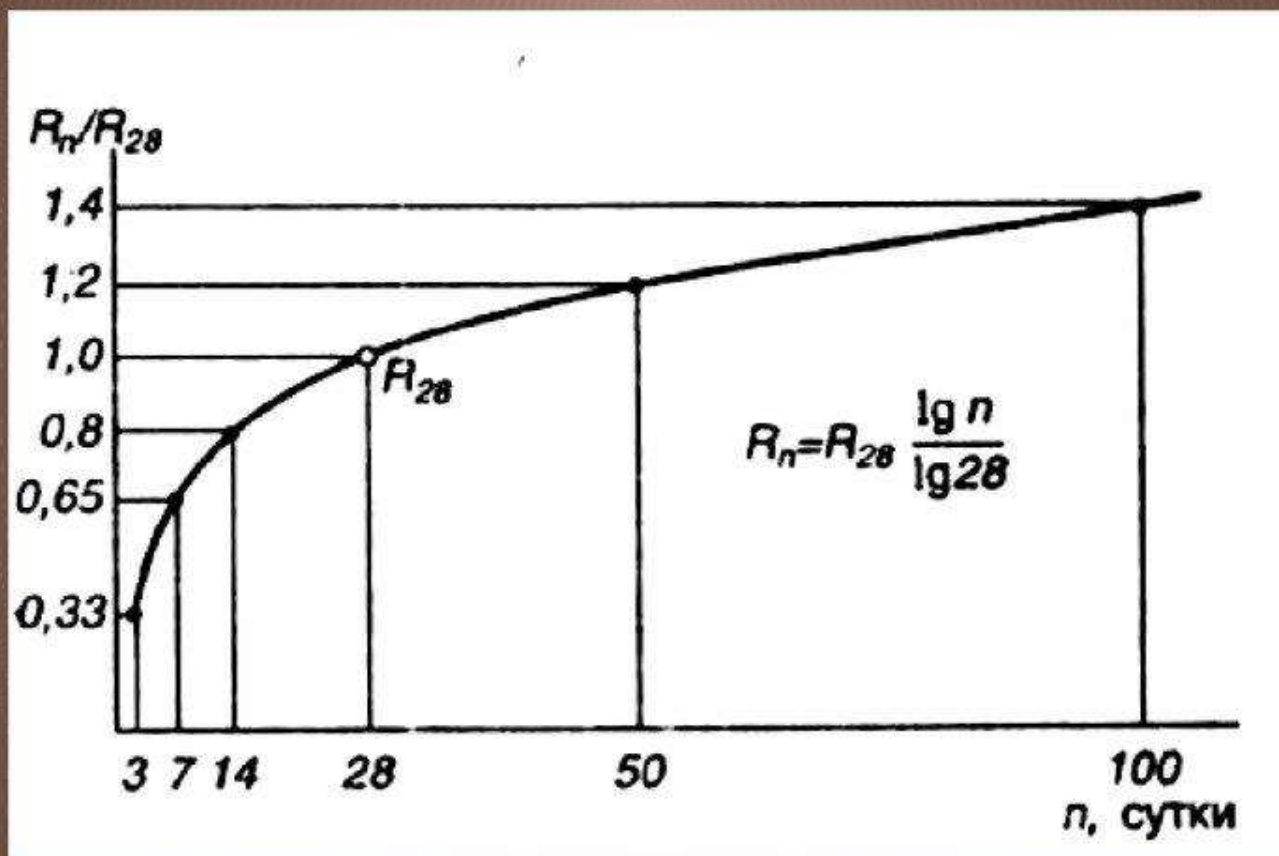
Основными эксплуатационными свойствами бетона, обеспечивающим долговечность его службы, являются:

- - прочность,
- - деформативность,
- - проницаемость,
- - морозостойкость,
- - стойкость к химической и другим видам коррозии.

Прочность

- Как и у всех каменных материалов, **предел прочности бетона при сжатии** значительно (в 10...15 раз) выше, чем при растяжении и изгибе. Поэтому **в строительных конструкциях бетон, как правило, работает на сжатие.**
- Когда говорят о прочности бетона, подразумевают его **прочность на сжатие.**
- **Бетон на портландцементе набирает прочность постепенно.** При нормальной температуре и постоянном сохранении влажности рост прочности бетона продолжается длительное время, но скорость набора прочности со временем затухает

Изменение прочности бетона во времени в условиях нормального твердения



- R — марочная прочность бетона;
- n — время твердения, суток.

Кубиковая и призмная прочность бетона на сжатие

- Кубиковая прочность бетона – при испытании стандартных кубов 150x150x150



- Призмная прочность бетона – испытание призм 150x150x600.
- Переход от призмной к кубиковой прочности по формуле:
- $R_b = R_m \cdot (0.77 - 0.001 \cdot R_m)$, но не менее $0.72 \cdot R_m$, где
 R_m – кубиковая прочность бетона
 R_b – призмная прочность бетона.

Марки бетона

- По среднему арифметическому значению прочности бетона устанавливают его марку — округленное значение прочности (причем округление идет всегда в нижнюю сторону).
- Для тяжелого бетона установлены следующие марки по прочности на сжатие: 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 700 и 800 кгс/см².
- При обозначении марки используют индекс «М»

Класс бетона – это гарантированное значение прочности бетона на осевое сжатие с обеспеченностью 0,95 и с учетом статистической изменчивости прочности бетона (при коэффициенте вариации 13,5 %)

Класс по прочности на сжатие обозначают латинской буквой «С» и числами: перед чертой – значение нормативного сопротивления (f_{ck} , МПа – определяемой при испытании образцов цилиндров \varnothing 150 мм и $h = 300$ мм) и после черты – гарантированная прочность бетона ($f_{c.cube}^G$, МПа – определяемой при испытании кубов с размером ребра 150 мм)

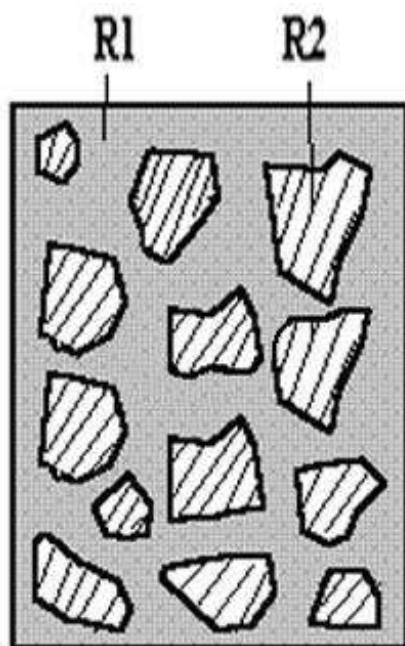
СТБ 1544 устанавливает следующие классы по прочности на сжатие: С8/10, С12/15, С16/20, С20/25, С25/30, С30/37, С35/45, С40/50, С45/55, С50/60, С55/67... С100/115

Соотношение между марками и классами тяжелого бетона по прочности при коэффициенте 13,5%

Класс бетона	Средняя прочность данного класса, кгс/см ²	Ближайшая марка бетона	Класс бетона	Средняя прочность данного класса, кгс/см ²	Ближайшая марка бетона
B3,5	46	M50	B30	393	M400
B5	65	M75	B35	458	M450
B7,5	98	M100	B40	524	M550
B10	131	M150	B45	589	M600
B12,5	164	M150	B50	655	M600
B15	196	M200	B55	720	M700
B20	262	M250	B60	786	M800
B25	327	M350	-	-	-

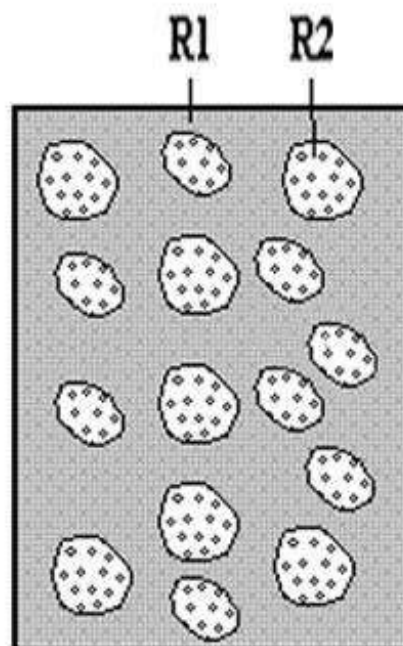
Основные типы макроструктуры бетона

R_б - средняя прочность структуры, R₁ и R₂ - прочности составляющих бетона



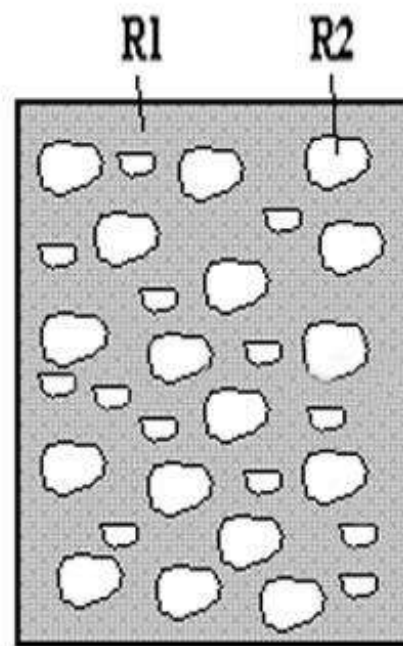
$$R_2 > R_6 > R_1$$

Плотная



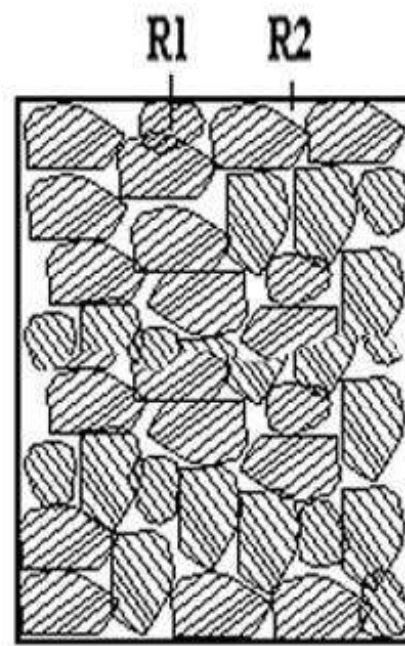
$$R_2 < R_6 < R_1$$

*Плотная
с пористым
наполнителем*



$$R_1 > R_6, R_2 = 0$$

Ячеистая



$$R_1 > R_6, R_2 = 0$$

Зернистая

Усадка

- **Усадка** — процесс сокращения размеров бетонных элементов при их нахождении в воздушно-сухих условиях.
- **Основная причина усадки** — сжатие гелевой составляющей при потере воды. Усадка бетона тем выше, чем больше объем цементного теста в бетоне.
- **В среднем усадка тяжелого бетона составляет 0,3...0,4 мм/м.** Вследствие усадки бетона в бетонных и железобетонных конструкциях могут возникнуть большие усадочные напряжения, поэтому элементы большой протяженности разрезают усадочными швами во избежание появления трещин.
- При усадке бетона 0,3 мм/м в конструкции длиной 30 м общая усадка составит 10 мм. Усадочные трещины в бетоне на контакте с заполнителем и в самом цементном камне могут снизить морозостойкость и послужить очагами коррозии бетона.

Пористость

- пористость бетона можно определить по формуле:
-
- $$П = [(В - \omega * Ц) / 1000] 100,$$
-
- Где,
- **В** и **Ц** — расходы воды и цемента на 1 м³ (1000 дм³);
- **ω** — количество химически связанной воды в долях от массы цемента.

Водопоглощение

- **характеризует** способность бетона впитывать влагу в капельножидком состоянии; оно зависит, главным образом, от характера пор.
- Водопоглощение тем больше, чем больше в бетоне капиллярных сообщающихся между собой пор. Максимальное водопоглощение тяжелых бетонов на плотных заполнителях достигает 4...8% по массе (10...20% по объему). У легких и ячеистых бетонов этот показатель значительно выше.

Водопроницаемость

- **Водопроницаемость бетона** определяется в основном проницаемостью цементного камня и контактной зоны «цементный камень — заполнитель»; кроме того, путями фильтрации жидкости через бетон могут быть микротрещины в цементном камне и дефекты сцепления арматуры с бетоном. Высокая водопроницаемость бетона может принести его к быстрому разрушению из-за коррозии цементного камня.
- **По водонепроницаемости бетон делят на марки** W0,2; W0,4; W0,6; W0,8 и W1,2..
- **Марка обозначает давление воды (МПА), при котором образец-цилиндр высотой 15 см не пропускает воду при стандартных испытаниях.**

Метод оценки водонепроницаемости

Параметр воздухопроницаемости бетона a_{ρ} , см ³ /с	Марка бетона по водонепроницаемости W	Параметр воздухопроницаемости бетона a_{ρ} , см ³ /с	Марка бетона по водонепроницаемости W
0,325 - 0,224	2	0,0509 - 0,0345	12
0,223 - 0,154	4	0,0344 - 0,0238	14
0,153 - 0,106	6	0,0237 - 0,0164	16
0,105 - 0,0728	8	0,0163 - 0,0113	18
0,0727 - 0,0510	10	0,0112 - 0,0077	20

Морозостойкость

- **главный показатель, определяющий долговечность бетонных конструкций в нашем климате.**
- **Морозостойкость бетона оценивается** путем попеременного замораживания при минус $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$ и оттаивания в воде при $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$ предварительно насыщенных водой образцов испытуемого бетона. **Продолжительность одного цикла** — 5... 10 ч в зависимости от размера образцов.
- **За марку по морозостойкости принимают** наибольшее число циклов «замораживания — оттаивания», которое образцы выдерживают без снижения прочности на сжатие более 5% по сравнению с прочностью контрольных образцов в начале испытаний.
- **Установлены следующие марки бетона по морозостойкости: F25; F35; F50; F75; F100...F1000.**

Эксплуатационные характеристики бетонов с компенсированной усадкой

Бетон	Состав бетона		Морозостойкость (число циклов)	Прочность, кгс/м ² (сжатие / изгиб)	Марка по водонепроницаемости W
	вяжущее, кг/м ³	Ц/В			
Обычный (на ПЦ)	400	1,99	270	370 / 63	6
	470	2,53	300	486 / 68,5	8
Напрягающий	400	2,31	300	485 / 68,7	12
	470	2,47	500	698 / 89,7	16
С компенсированной усадкой	400	2,0	500	647 / 73	14
	470	2,35	600	715 / 89,3	18

Как видно из таблицы, применение в составе бетона вяжущего на основе ПЦ и РД позволяет улучшить эксплуатационные характеристики бетонов. При одном и том же расходе вяжущего введение расширяющих добавок в состав бетона значительно увеличивает прочность, как при сжатии, так и при изгибе, а также повышает морозостойкость и водонепроницаемость.

Такие свойства многокомпонентного вяжущего, как плотная структура и непроницаемость бетонов на его основе, а также трещиностойкость самоупроченного железобетона в сочетании с высокими прочностными показателями, особенно при воздействии изгибающих и растягивающих усилий, обуславливают эффективность применения вяжущего в бетонах разнообразных конструкций (бесшовных полах промышленных зданий, емкостях различного назначения, спортивных сооружениях и т.п.).

Теплофизические свойства

- **Из них важнейшими являются:**

- - теплопроводность,
- - теплоемкость,
- - температурные деформации.

- **Теплопроводность** тяжелого бетона даже в воздушно-сухом состоянии велика — около 1,2...1,5 Вт/(мК), т. е. в 1,5...2 раза выше, чем у кирпича.
- Поэтому использовать тяжелый бетон в ограждающих конструкциях можно только совместно с эффективной теплоизоляцией.
- **Теплоемкость** тяжелого бетона, как и других каменных материалов, находится в пределах 0,75...0,92 Дж/(кгК); в среднем - 0,84 Дж/(кгК).
- **Температурные деформации.** Температурный коэффициент линейного расширения тяжелого бетона $(10...12) \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$. Это значит, что при увеличении температуры бетона на 50°C расширение составит примерно 0,5 мм/м. Поэтому во избежание растрескивания сооружения большой протяженности разрезают температурными швами.
- Большие колебания температуры могут вызвать внутреннее растрескивание бетона из-за различного теплового расширения крупного заполнителя и цементного камня.

Расчет состава тяжелого бетона

- **Подбор состава бетона.** Состав бетона должен быть таким, чтобы бетонная смесь и затвердевший бетон имели заданные значения свойств (удобоукладываемости, прочности, морозостойкости и т. п.), а стоимость бетона при этом была возможно более низкой.
- **Требуемая прочность бетона достигается:**
 - 1) выбором марки цемента (она, как правило, принимается в 1,5...2,5 раза выше марки бетона);
 - 2) расчетом требуемого соотношения цемента и воды (Ц/В) по формуле основного закона прочности бетона.

Количество цемента определяется по известным значениям В и В/Ц:

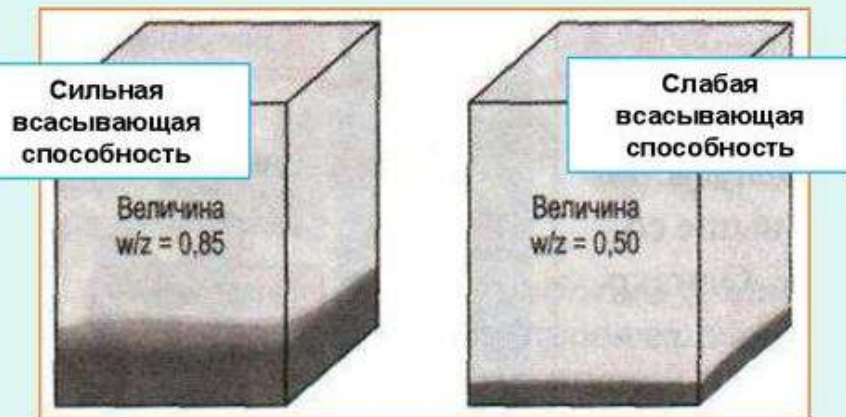
$$Ц = В : (В/Ц)$$

Водоцементное отношение

Отношение по массе количества воды к количеству цемента называют **ВОДОЦЕМЕНТНЫМ ОТНОШЕНИЕМ**:

Водоцементное отношение (В/Ц) = массе воды (кг)/масса цемента (кг);

Наиболее прочная структура образуется при водоцементном отношении, равном 0,4.



Капиллярные поры в бетоне

Бетон с различными значениями В/Ц

При высоких водоцементных отношениях пространство между двумя цементными зернами так велико, что оно не может быть заполнено при полной гидратации цемента. Остается **ИЗБЫТОЧНАЯ ВОДА**, которая испаряется и оставляет **ПУСТОТЫ**. Эти пустоты, называемые также **ПОРАМИ** или **КАПИЛЛЯРАМИ**.

Полученный состав бетона может быть выражен двумя способами:

- **количеством составляющих** (кг) для получения 1 м³ бетона (например, цемент — 300, вода — 200, песок — 650 и щебень — 1250);
- **соотношением компонентов в частях по массе или по объему**; при этом количество цемента принимают за 1 (например, запись 1:2:4 при $V/C = 0,7$ означает, что на 1 ч. цемента берется 0,7 ч. воды, 2 ч. песка и 4 ч. крупного заполнителя).

Класс бетона по прочности	Плотность бетонной смеси, кг/куб. м	Морозостойкость, F	Водонепроницаемость, W	Удобоукладываемость, П	Расход материала на 1 куб. м бетона			
					Цемент, кг	Щебень, кг,	Песок, кг	Вода, л
B15	2400	200	6	2	260	1080	900	155
B15	2385	200	6	3	280	1040	895	165
B20	2405	200	6	2	300	1080	865	155
B20	2390	200	6	3	320	1040	860	165
B22,5	2415	300	6	2	340	1080	835	155
B22,5	2400	300	8	3	360	1040	830	165
B22,5	2390	300	8	4	380	1000	830	175
B25	2420	300	8	2	380	1080	800	155
B25	2405	300	8	3	400	1040	795	165
B25	2395	300	8	4	420	1000	795	175
B30	2430	300	10	2	420	1080	770	155
B30	2420	300	10	3	445	1040	765	175
B30	2410	300	10	4	470	1000	700	165

Приготовление бетонной смеси

Приготовление бетонной смеси осуществляют в специальных агрегатах — бетоносмесителях разных конструкций и различной вместимости (от 75 до 4500 дм³).

При перемешивании, мелкие компоненты смеси входят в межзерновые пустоты более крупных - (песок в пустоты между зерен крупного заполнителя, цемент — в пустоты песка).

В результате объем готовой бетонной смеси составляет не более 0,6...0,7 от объема исходных сухих компонентов.

Этот показатель, называемый **коэффициент выхода бетонной смеси β** , рассчитывают по формуле:

$$\beta = V_{\text{бс}} / (V_{\text{ц}} + V_{\text{п}} + V_{\text{к}}),$$

Где, $V_{\text{бс}}$ — объем бетонной смеси;

$V_{\text{ц}}$, $V_{\text{п}}$ и $V_{\text{к}}$ — объемы цемента, песка и крупного заполнителя соответственно.



Классификация бетоносмесителей

по цикличности

циклические

непрерывные

по принципу смешивания

гравитационные

принудительные

вибрационные

струйные

турбулентные





Приготовление бетонной смеси

Приготовление бетонной смеси обычно осуществляется на бетонных заводах либо в передвижных бетоносмесительных установках. Применяют также инвентарные заводы, оборудование которых может размещаться в укрупненных блоках, транспортируемых на платформах или автоприцепах.



ПРИГОТОВЛЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ

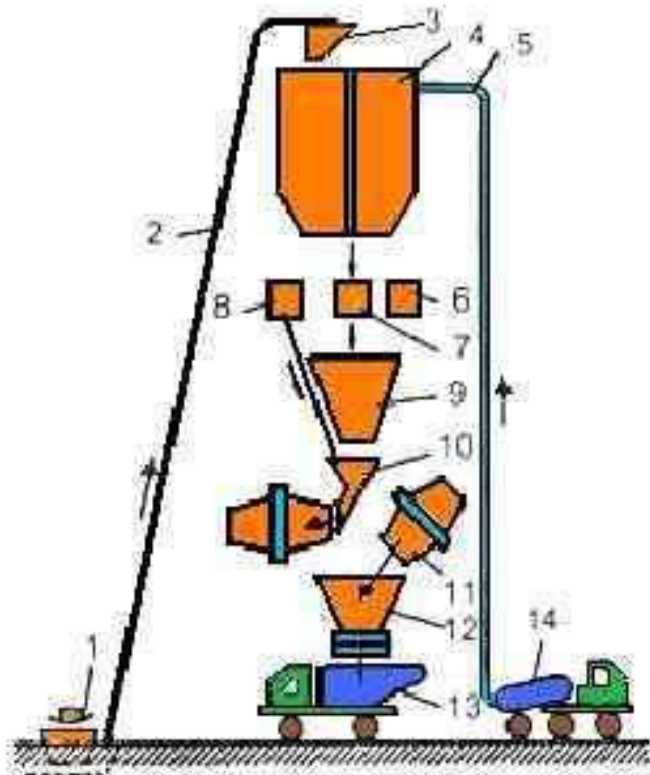
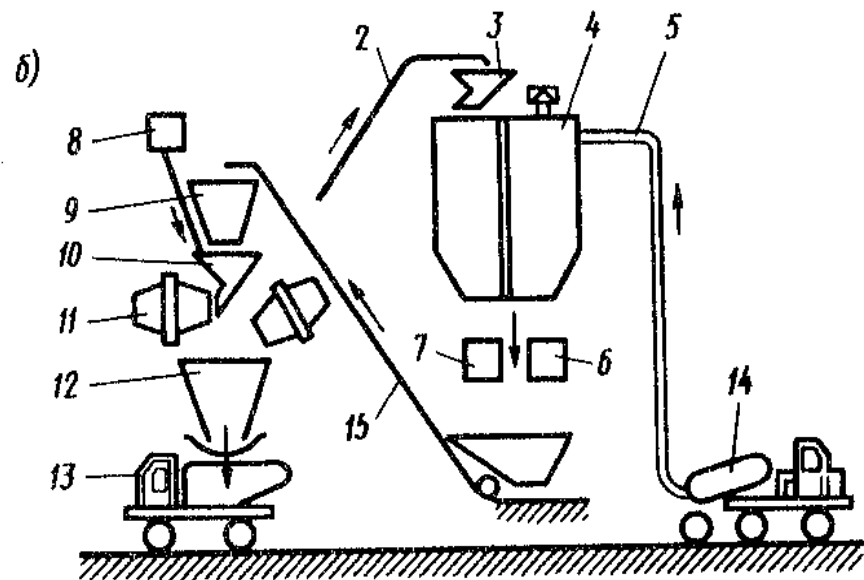
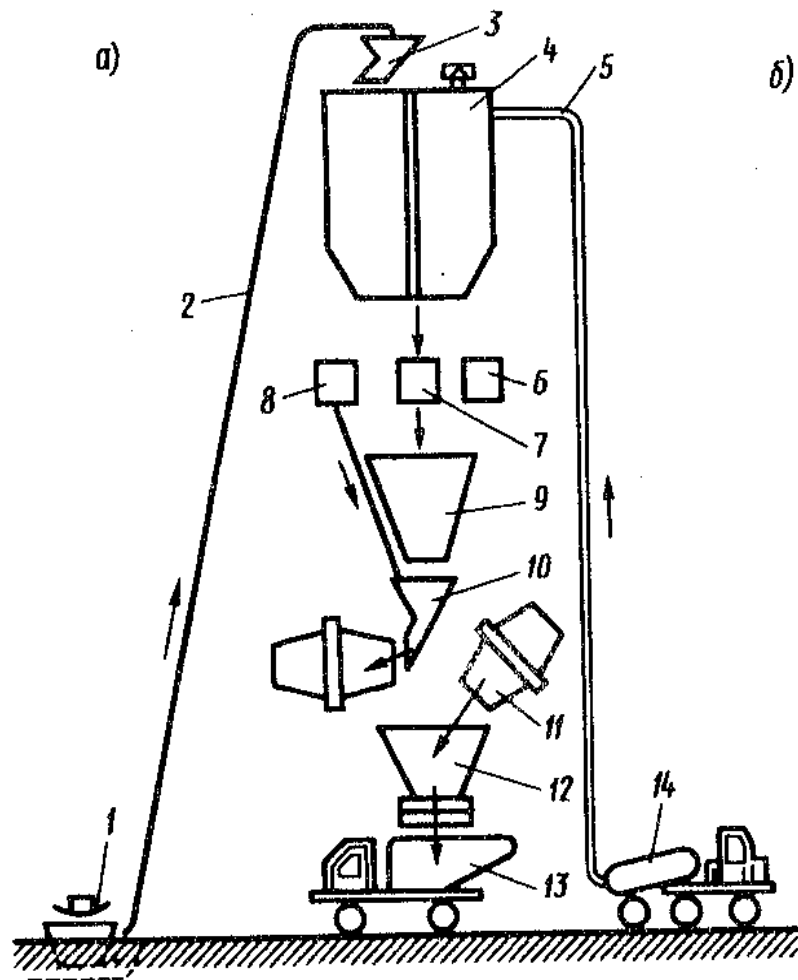


Схема бетоносмесительного завода:

1 — конвейер склада заполнителей; 2 — конвейер подачи заполнителей в расходные бункера; 3, 9, 10 — поворотная и распределительная направляющие; 4 — расходные бункера; 5 — трубопровод пневмоподачи цемента; 6 — дозатор цемента; 7 — дозатор заполнителей; 8 — дозатор воды; 11 — бетоносмесители; 12 — раздаточный бункер; 13 — автобетоносмеситель; 14 — автоцементовоз; 15 — скиповый подъемник





Схемы компоновки бетоносмесительных установок:

a — одноступенчатая (вертикальная); *б* — двухступенчатая (партерная); 1 — конвейер склада заполнителей; 2 — конвейер подачи заполнителей в расходные бункера; 3, 9, 10 — поворотная, направляющая и распределительная воронки; 4 — расходные бункера; 5 — труба пневмоподачи цемента; 6 — дозатор цемента; 7 — дозатор заполнителей; 8 — дозатор воды; 11 — смеситель; 12 — раздаточный бункер (копильник); 13 — автобетоновоз; 14 — автоцементовоз; 15 — скиповый подъемник

Технология приготовления бетонных составов

Состав операций:

1. транспортирование заполнителей и вяжущего;
2. подача воды к смесительным установкам;
3. дозирование составляющих;

Составляющие:

- вяжущее: цемент (бетоны), полимеры (полимербетоны);
 - мелкий заполнитель (песок, зола, шлаковые отходы);
 - крупный заполнитель (щебень, гравий);
 - вода;
 - добавки (пластифицирующие добавки, воздухововлекающие, ускорители или замедлители твердения и т. п.).
4. перемешивание компонентов;
 5. выдача готовой продукции.

- ▶ Приготовление бетонной смеси должно обеспечить получение однородной массы.
- ▶ Оно состоит из точного дозирования и смешивания исходных материалов.
- ▶ Составляющие материалы дозируют по массе (исключение допускается для воды).
- ▶ Применяют дозаторы с автоматическим и ручным управлением — последние для малых бетоносмесительных установок.
- ▶ В автоматических дозаторах с центрального пульта управления осуществляется установка аппаратуры на требуемую массу. Допускаются отклонения при дозировании цемента и воды $\pm 1\%$, для заполнителей — $\pm 2\%$ (по массе).

До затвердения указанную смесь называют бетонной смесью.

Свойства бетона зависят от многих факторов: соотношения компонентов и их качества, гранулометрического состава заполнителей, тщательности приготовления смеси и условий твердения (температуры, влажности, времени).

В строительстве бетон используется либо в виде готовых блоков, кладка у которых аналогично кирпичной, либо в виде бетонной смеси, которой заливаются фундаменты, монолитные стены и прочие



Приготовление и транспортировка бетонных смесей

- Составляющие бетонных смесей при низких температурах предохраняют от попадания снега, образования наледи и замерзания. Цемент хранят в закрытых емкостях. На бетонных заводах организуют подогрев составляющих и воды затворения, а сам процесс приготовления осуществляют в утепленном помещении, чем обеспечивают выход бетонной смеси заданной температуры.



Транспортировка бетонной смеси



Транспортирование бетонных смесей

Транспортирование бетонных смесей ведут тремя способами:

1. Порционное транспортирование.

Первый этап: смесь транспортируют в автотранспортных средствах от места приготовления до строительной площадки (самосвалы, бетоновозы, автобетоносмесители).

Второй этап: порции смеси подают на место укладки бадьями (кранами).

2. Непрерывное транспортирование (с помощью конвейеров по ленте или с помощью бетононасосов по трубам).

3. Комбинированный способ.

Первый этап: от бетоносмесительного узла на строительную площадку доставляют автотранспортом.

Второй этап: на место укладки с помощью трубопроводного транспорта или конвейеров.

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Виды транспорта

Автомобильный

Транспортирование как сухой, так и затворенной бетонной смеси

Автосамосвал

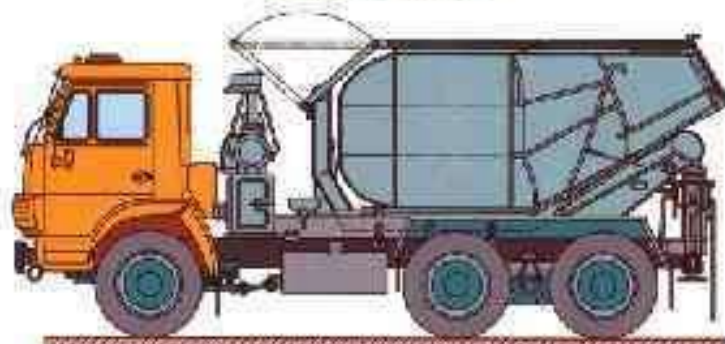
Автобетоновоз

Автобетоносмеситель

Автобетоносмеситель



Автобетоновоз



Железнодорожный, авиационный, морской, речной

Транспортирование только сухой бетонной смеси





Транспортирование бетонной смеси зависит от часовой и суточной потребности бетона, дальности транспортирования, температуры наружного воздуха.

Транспортирование бетонной смеси на строительный объект осуществляется автотранспортом:

- **Автосамосвалами;**
- **Автобетоновозами;**
- **Автобетоносмесителями**





Машины для транспортировки бетонных и растворных смесей

Автобетоносмесители применяют для приготовления бетонной смеси в пути следования от питающих отдозированными сухими компонентами специализированных установок к месту укладки, для приготовления бетонной смеси непосредственно на строительном объекте, а также для транспортирования готовой качественной смеси с побуждением ее при перевозке. Они представляют собой гравитационные реверсивные бетоносмесители с грушевидным смесительным барабаном, установленные на шасси грузовых автомобилей, специальных шасси автомобильного типа.

Главным параметром автобетоносмесителей является вместимость смесительного барабана по выходу готовой смеси (m^3).



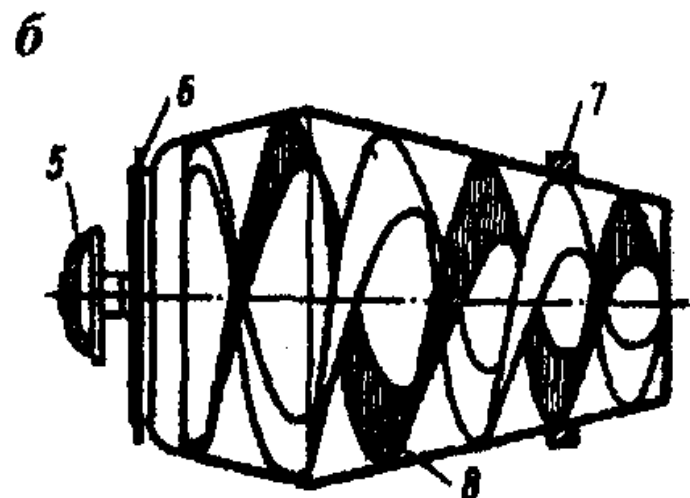
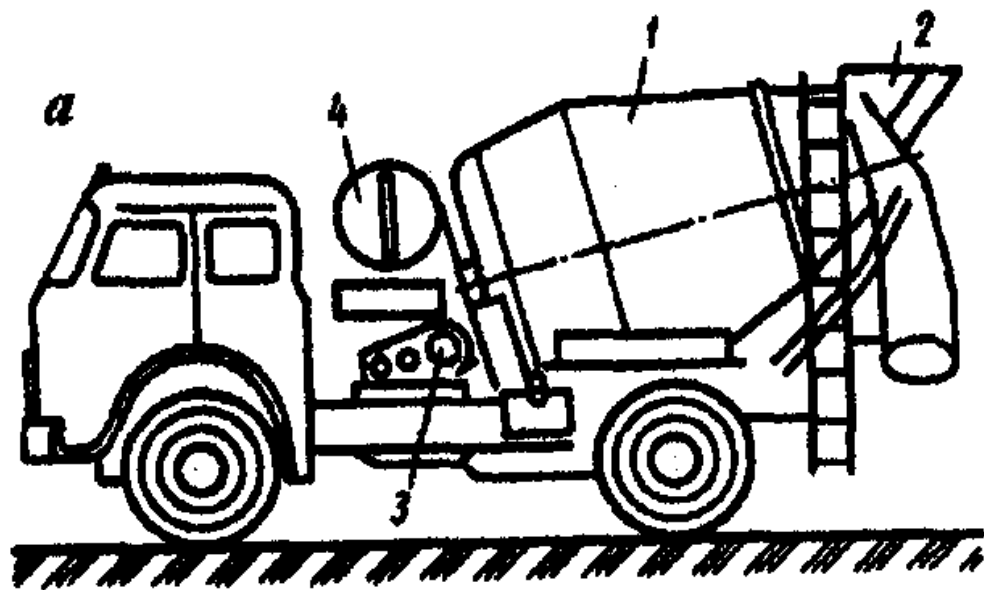
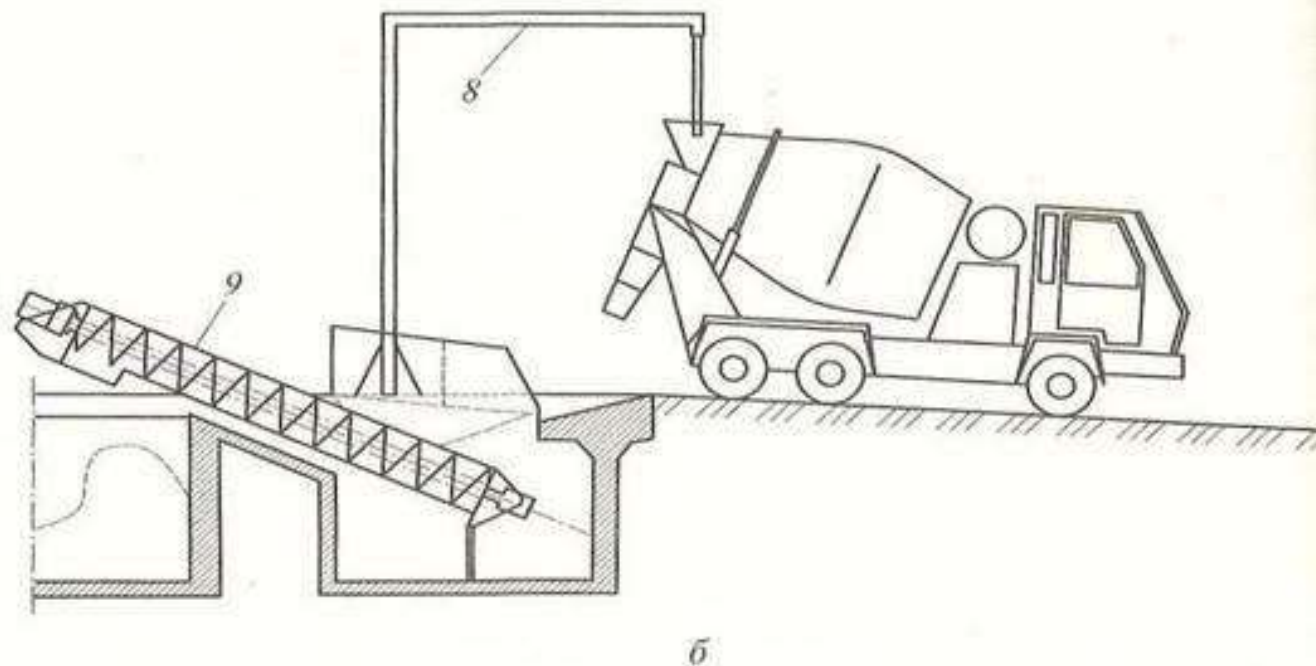
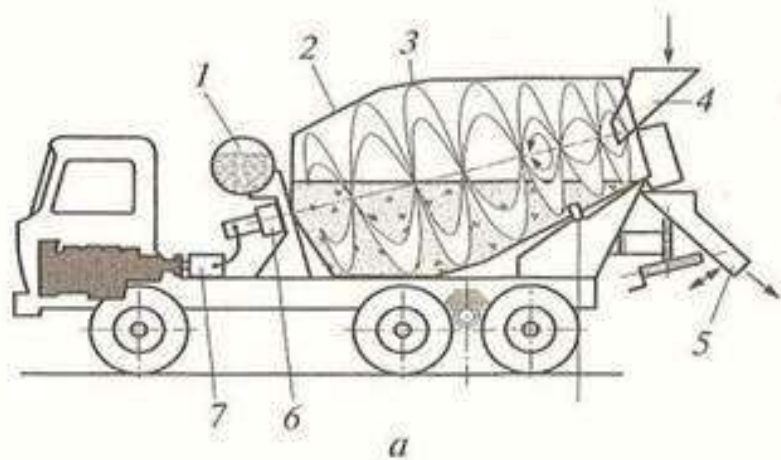


Рисунок Автобетоносмеситель:

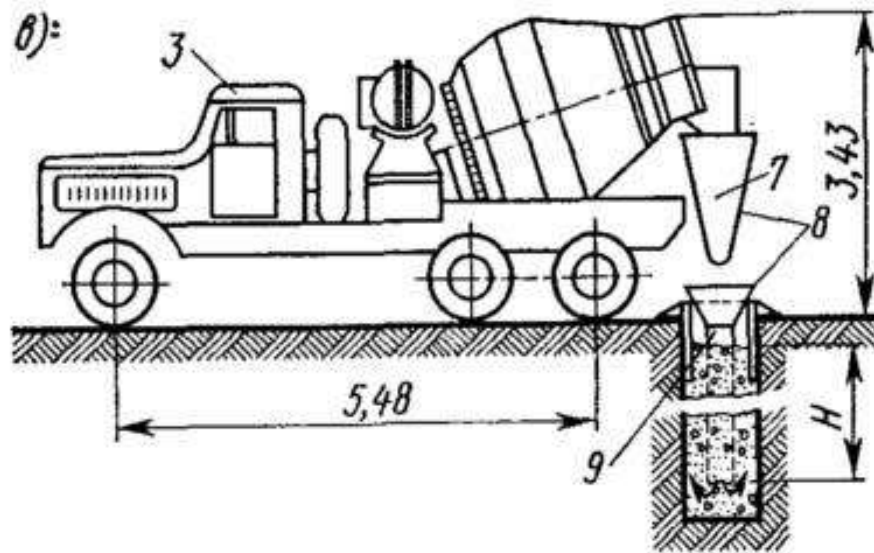
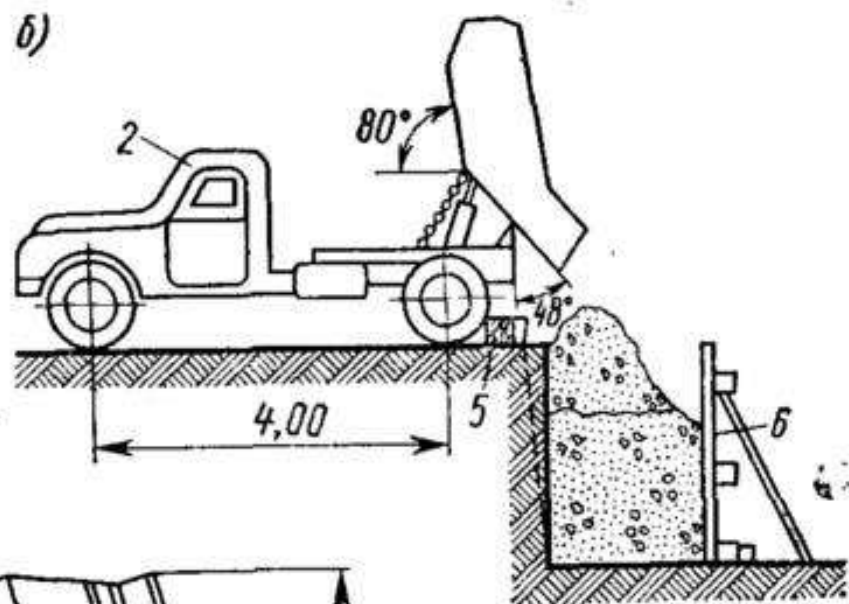
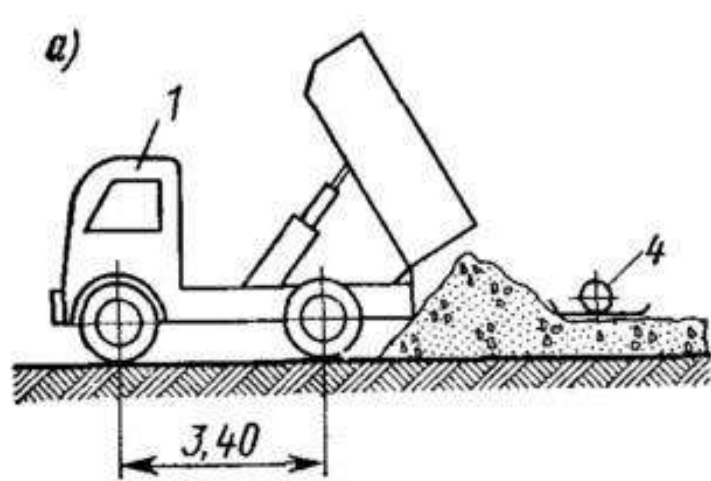
a – общий вид, *б* – смесительный барабан;

1 – барабан, 2 – загрузочно-разгрузочное устройство, 3 – привод барабана,
 4 – бак для воды, 5 – опорная цапфа, 6 – приводная звездочка, 7 – бандаж,
 8 – винтовая лопасть.



Транспортирование бетонной смеси автобетоносмесителями:

a — разгрузка автобетоносмесителя; *б* — промывка барабана; 1 — бак для воды
 2 — барабан; 3 — лопасти; 4, 5 — разгрузочные устройства; 6, 7 — приводы
 смесительного барабана; 8 — штанга для промывки барабана; 9 — установка
 для подготовки остаточного бетона



Схемы подачи смеси непосредственно в конструкции:

а — при бетонировании полов и автодорог; **б** — то же, подбуток; **в** — то же, буронабивных свай; **1** — автосамосвал; **2** — автобетоновоз; **3** — автобетоносмеситель; **4** — вибратор; **5** — отбойный брус; **6** — опалубка; **7** — лоток; **8** — воронка; **9** — труба



McNeilus

CORLISS

McNeilus

A50120V

McNeilus





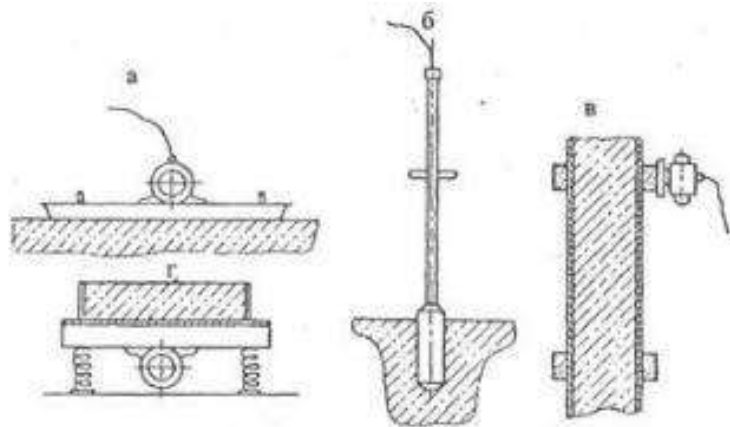


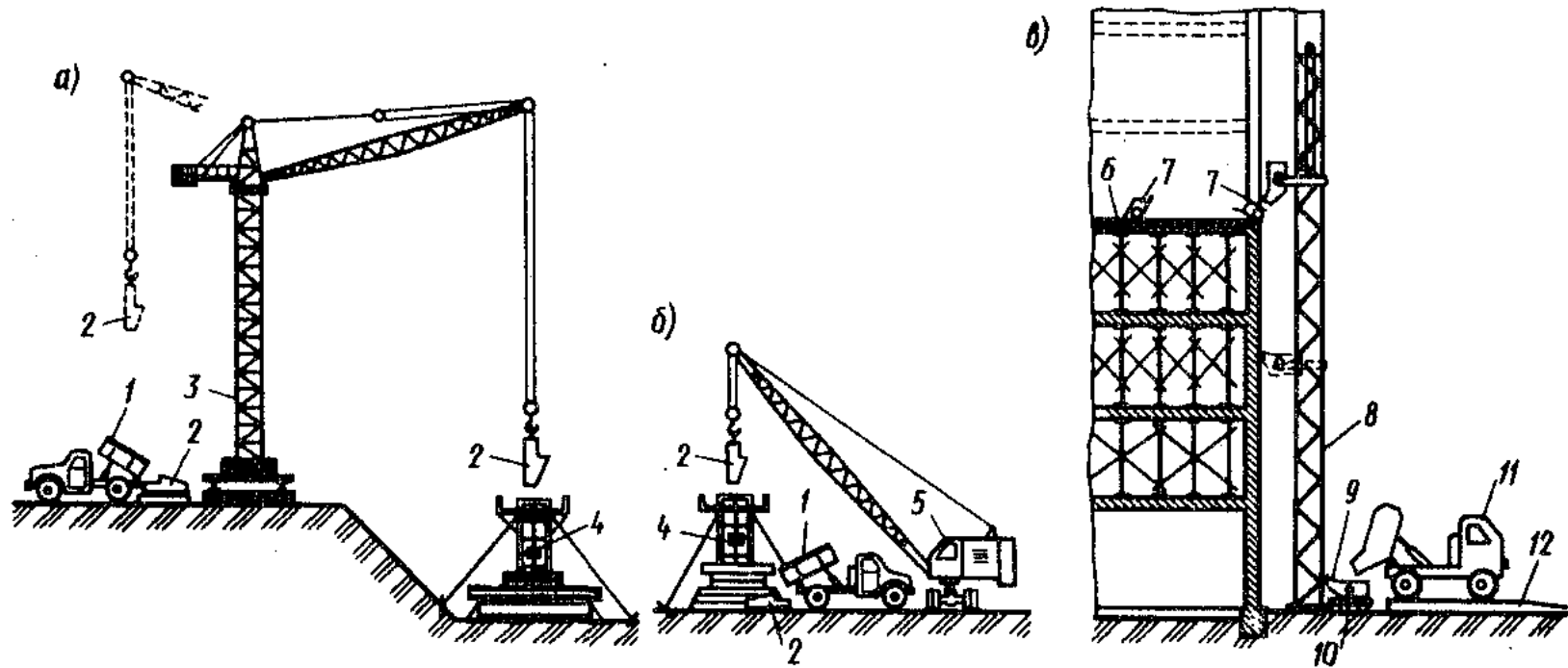
Рис. Вибраторы: а – поверхностный; б – глубинный; в – навесной;
г – стационарная виброплощадка

Укладка бетонной смеси. Качество и долговечность бетона во многом зависят от правильности укладки, а методы укладки и уплотнения определяются видом бетонной смеси (пластичная или жесткая, тяжелый или легкий бетон) и типом конструкции. Укладка должна обеспечивать максимальную плотность бетона (отсутствие пустот и однородность состава).

Подвижные смеси уплотняют под действием силы тяжести или путем штыкования, жесткие смеси - вибрированием или другими способами.

Вибрирование— наиболее эффективный метод укладки, основанный на использовании тиксотропных свойств бетонной смеси. При вибрировании частицам бетонной смеси передаются быстрые колебательные движения от источника колебаний - вибратора. Применяют главным образом электромеханические вибраторы, основная часть которых - электродвигатель. На валу электродвигателя эксцентрично установлен груз - дебаланс, при вращении которого возникают колебательные импульсы.

При вибрировании жесткая (или пластичная) бетонная смесь как бы превращается в тяжелую жидкость, которая плотно заполняет все части формы, а воздух, содержащийся в бетонной смеси, при этом поднимается вверх и уходит. Бетонная смесь приобретает плотную структуру. При недостаточном времени вибрирования бетонная смесь уплотняется не полностью, при слишком долгом - она может расслоиться.

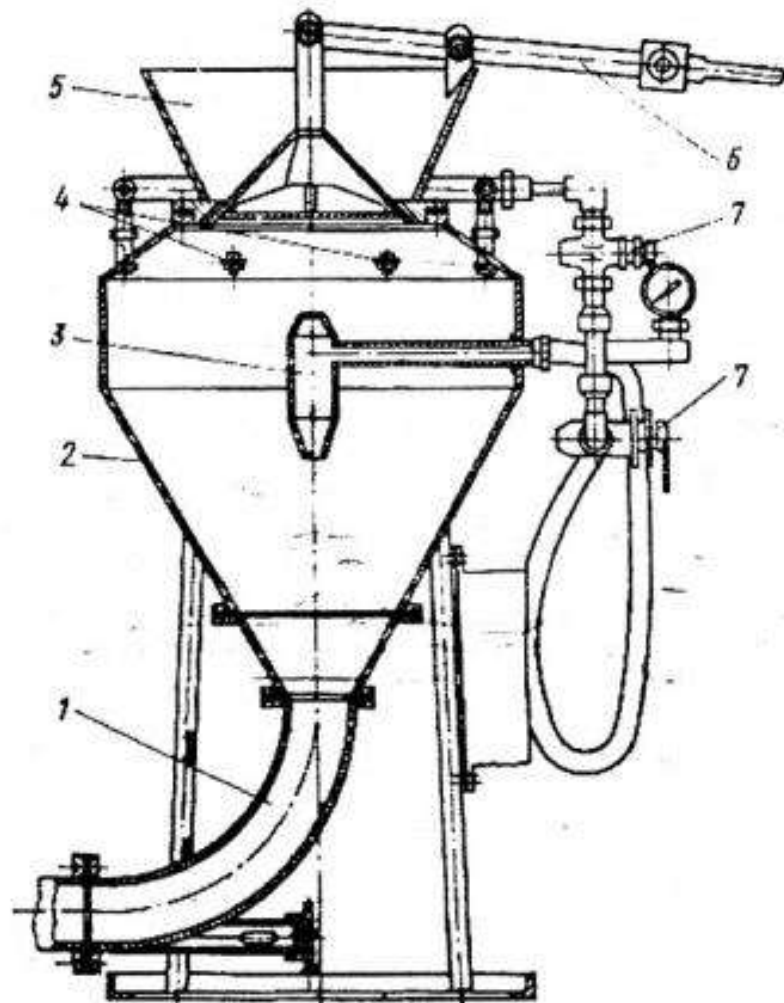


Подача бетонной смеси кранами и подъемниками:

а — башенным краном, расположенным на бровке котлована; *б* — самоходным краном, расположенным на дне котлована; *в* — стоечным подъемником; 1 — автосамосвал; 2 — поворотная бадья; 3 — башенный кран; 4 — опалубка ступенчатого фундамента; 5 — самоходный кран; 6 — бетонизируемое перекрытие; 7 — тележка (под загрузкой); 8 — стоечный подъемник; 9 — ковш; 10 — передаточная тележка; 11 — автобетоновоз; 12 — пандус







Пневматический бетононасос:

1 – выходное колено; 2 – корпус; 3 – центральное сопло; 4 – верхние сопла; 5 – загрузочная воронка; 6 – рычаг управления заслонкой загрузки; 7 – краны управления подачи воздуха к соплам

Машины для транспортировки бетонных и растворных смесей

Автобетононасосы предназначены для подачи свежеприготовленной бетонной смеси в горизонтальном и вертикальном направлениях к месту укладки при возведении сооружений из монолитного бетона и железобетона.

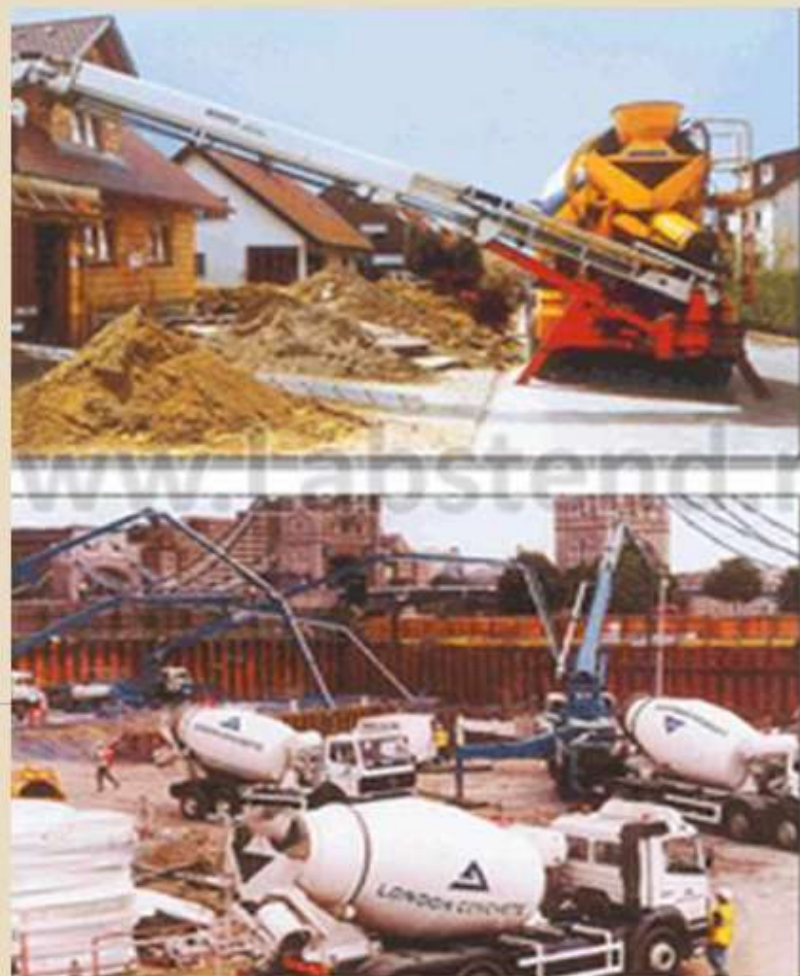
Они представляют собой **самоходные** мобильные бетонотранспортные машины, состоящие из базового автошасси, бетононасоса с гидравлическим приводом и шарнирно сочлененной стрелы с бетоноводом для распределения бетонной смеси в зоне действия стрелы во всех ее пространственных положениях.

Главным параметром автобетононасосов является **объемная подача (производительность)** в м³/ч.



ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Различные виды применения
автобетононасосов



Состав бетонной смеси для самоуплотняющихся бетонов производителей разных стран.

Компоненты бетонной смеси	Расход на 1 м ³ бетонной смеси	
Япония		
Вода		175 кг
Портландцемент с пониженным тепловыделением		530 кг
Зола		70 кг
Мелкий заполнитель		751 кг
Крупный заполнитель		789 кг
Добавка суперпластификатор		9 кг
Европейский Союз		
Вода		190 кг
Портландцемент		280 кг
Известковый наполнитель		245 кг
Мелкий заполнитель		865 кг
Крупный заполнитель		750 кг
Добавка суперпластификатор		4,2 кг
США		
Вода		180 кг
Портландцемент		357 кг
Гранулированный шлак		119 кг
Мелкий заполнитель		936 кг
Крупный заполнитель		684 кг
Добавка суперпластификатор		2500 мл
Индия		
Вода		163 кг
Цемент		330 кг
Зола высококальциевая		150 кг
Крупный заполнитель 10 мм		309 кг
Крупный заполнитель 20 мм		455 кг
Мелкий заполнитель		917 кг
Добавка суперпластификатор		2400 мл



Специальные бетоны

- Специальные бетоны получают, применяя *специальные вяжущие, специальные заполнители, специальные химические добавки*, а зачастую - и *специальное армирование*. В ряде случаев при этом необходимы *специальные технические приемы и методы*.

▫ Бетоны на специальных вяжущих

- *бетоны на магнезиальных вяжущих*
- *бетоны на фосфатных цементах*
- *бетоны на цементах с галогеналюминатами кальция общей формулы $C_{11}A_7 \bullet CX_2$, где $X = F, Cl, Br, J$*
- *кислотостойкие бетоны*
- *огнестойкие бетоны*
- *серные бетоны*
- *полимербетоны*

• Бетоны со специальными свойствами

- *электропроводящие бетоны*
- *радиоэкранирующие бетоны*
- *радиоизолирующие бетоны*
- *особотяжелые бетоны*
- *сверхособотяжелые бетоны ($D > 4000 \text{ кг/м}^3$)*
- *гидратные бетоны*

Виды тяжёлого бетона

- Гидротехнический
- Дорожный
- Декоративный
- Мелкозернистый
- Жаростойкий
- Кислотоупорный
- Особотяжёлый
- Фибробетон



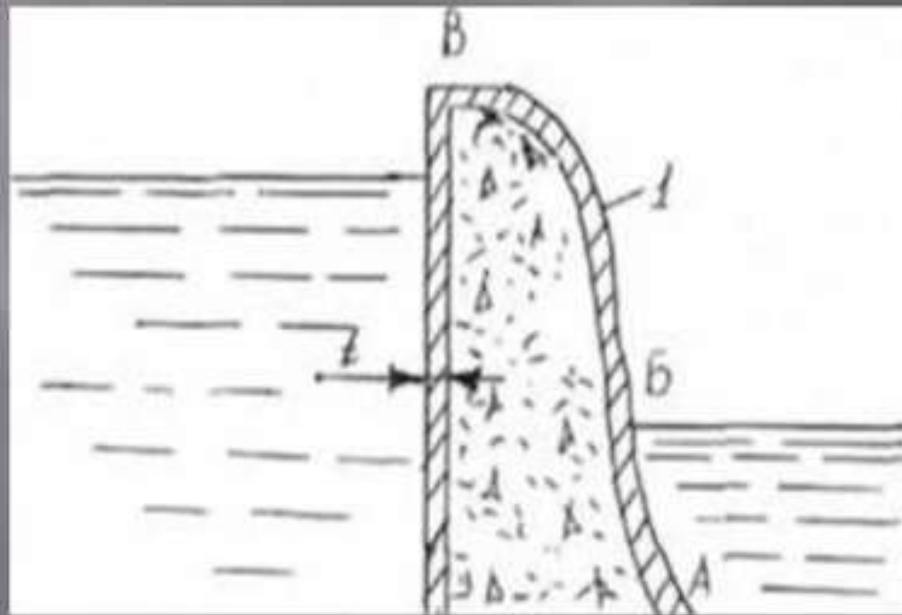
Гидротехнический бетон – разновидность тяжёлого бетона, которую используют при строительстве конструкций сооружений или их фрагментов, периодически контактирующих с водной средой, либо постоянно находящихся в воде.

В зависимости от расположения и условий работы конструктивных элементов гидротехнических сооружений согласно СНиП к бетону предъявляются определённые требования.

Гидротехнический бетон наряду с водонепроницаемостью, морозостойкостью, прочностью на сжатие и растяжение, характеризуется стойкостью к агрессивному воздействию воды и ограниченным выделением тепла в процессе твердения (при застывании).

Гидротехнические бетоны делятся на:

- Подводный, постоянно находящийся в воде (А)
- Расположенный в зоне переменного горизонта воды (Б)
- Надводный (В)



Разновидности гидротехнического бетона

Наименование разновидностей гидротехнического бетона		Нормальный	Низкотермичный	Водонепроницаемый	Водонепроницаемый низкотермичный	Морозостойкий	Морозостойкий низкотермичный
Сокращенные обозначения		—	„НТ“	„В“	„В, НТ“	„В, М“	„В, М, НТ“
Предъявляемые к бетону требования	Общие	Предъявляется ко всем разновидностям гидротехнического бетона					
	Водостойкость	Предъявляется ко всем разновидностям гидротехнического бетона					
	Прочность	Предъявляется ко всем разновидностям гидротехнического бетона					
	Специальные	Не предъявляется			Предъявляется		
	Водонепроницаемость	Не предъявляется			Предъявляется		
Специальные	Не предъявляется				Предъявляется		
Специальные	Морозостойкость	Не предъявляется				Предъявляется	
Специальные	Теплопроводность	Не предъявляется	Предъявляется	Не предъявляется	Предъявляется	Не предъявляется	Предъявляется
Рекомендуемые области применения		Подводный бетон безнапорных немассивных конструкций. Надводный немассивный бетон, подвергающийся эпизодическому омыванию водой	Подводный бетон безнапорных массивных конструкций. Надводный массивный бетон, подвергающийся эпизодическому омыванию водой	Подводный бетон напорных немассивных конструкций	Подводный бетон напорных массивных конструкций	Бетон напорных и безнапорных немассивных конструкций, подверженный совместному действию воды и мороза	Бетон напорных и безнапорных массивных конструкций, подверженный совместному действию воды и мороза



Жаростойкий и огнеупорный бетоны – это строительные материалы, применяемые при возведении объектов, которые эксплуатируются при высоких температурах, а некоторые – под воздействием открытого пламени. Жаростойкие бетоны, в отличие огнеупорных, дополнительно не обжигаются, поскольку этот материал проходит необходимую термообработку при первом пуске объекта в работу.

Тяжелые термостойкие смеси востребованы для футерования агрегатов, эксплуатируемых при высоких температурах, на предприятиях химиндустрии, при сооружении дымоходов.

Конкретная область применения определяется компонентами смеси.

Таблица составов жаростойких бетонов на портландцементе и шлакопортландцементе

Расход материалов, т/м³

Цемент	Тонкомолотая добавка	Заполнители		Тонкомолотая добавка	Заполнители	Максимальная рабочая температура, °С
		Мелкий	Крупный			
0,35	0,12	0,5-0,9	0,6-1,0	Зола-унос, пемза, глиняный кирпич, доменный шлак в гранулах	Андезитовый, базальтовый, диоритовый, диабазовый, туфовый, доменный шлак	700
0,35	0,12	0,5	0,6	Топливный шлак	Топливный шлак	800
0,35	0,12	0,5	0,6	Бой глиняного кирпича	Бой глиняного кирпича	900
0,35	0,12	0,65	0,6	Зола-унос, шамот класса В	Шамот класса В	1000-1100
0,35	0,7	0,65	0,65-0,75	Шамот класса В	Шамот класса В	1100-1200



Дорожный бетон применяется для укладки дорожного полотна и аэродромных покрытий. Он отличается тем, что способен выдержать постоянные большие нагрузки.

Дорожный бетон



Дорожный бетон изготавливается на основе особых гидрофобных или пластифицированных портландцементов. Действующими нормами и стандартами регламентировано содержание в цементе для дорожного бетона не более 10% трехкальциевого алюмината, при этом, в качестве активной минеральной добавки допускается применение исключительно доменного шлака (гранулированного) в количестве не более 15%.

Бетон **для строительства верхнего слоя** двухслойного дорожного полотна изготавливается на основе цемента марки не ниже М-500.

Дорожный бетон



Так, для его изготовления используется щебень осадочных пород с показателями предела прочности на сжатие 800 или 600 кг/м².

В зависимости от местных климатических особенностей, при производстве дорожного бетона используются различные модификаторы, обуславливающие его морозостойкость. В соответствии с современными стандартами, значение морозостойкости бетона для автомобильных магистралей должно быть не менее 150 Мрз, морозостойкости бетона для строительства дорог в черте города – не менее 100 Мрз.

Дорожный бетон



Дорожный бетон относится к группе тяжелых бетонов, а именно, тощих бетонов, которые характеризуются увеличенным содержанием щебня и пониженной долей цемента. Все тощие бетоны получают их жестких смесей и уплотняются укаткой, используются для строительства городских дорог, автомобильных магистралей, подъездных путей на производственных участках и других объектах, для строительства аэродромов, тротуаров, бордюров.

Дорожный бетон



Для производства данного вида бетона применяется щебень из горных или осадочных пород с показателями предела прочности на сжатие 1200 кг/м^2 и 800 кг/м^2 соответственно. Предельный показатель испаряемости бетона со щебнем из горных пород составляет 25%, со щебнем из осадочных пород – 40%. Требования к составу бетона для строительства **нижних слоев дорожных покрытий более мягкие.**



Кислотоупорный бетон – это вид бетона, который используется для возведения конструкций, контактирующих с агрессивными средами, содержащим кислоты. В составе материала в качестве вяжущего компонента присутствует жидкое стекло. Полученная смесь обладает высокой стойкостью к концентрированным неорганическим и органическим кислотам разной степени агрессивности.

Кислотоупорный бетон используют для устройства покрытий полов, наклеивания штучных кислотоупорных материалов, устройства защитных покрытий резервуаров (электролизных ванн, емкостей и т. п.) и при ремонте фундаментов.

Свойства:

химическая стойкость к минеральным и органическим кислотам, нефтепродуктам, растворителям, окислителям, маслам, жирам и эпизодическому воздействию воды. Высокая прочность и адгезия. Высокая водонепроницаемость. Транспортирование и хранения при любых температурах.

Кислотостойкие полы

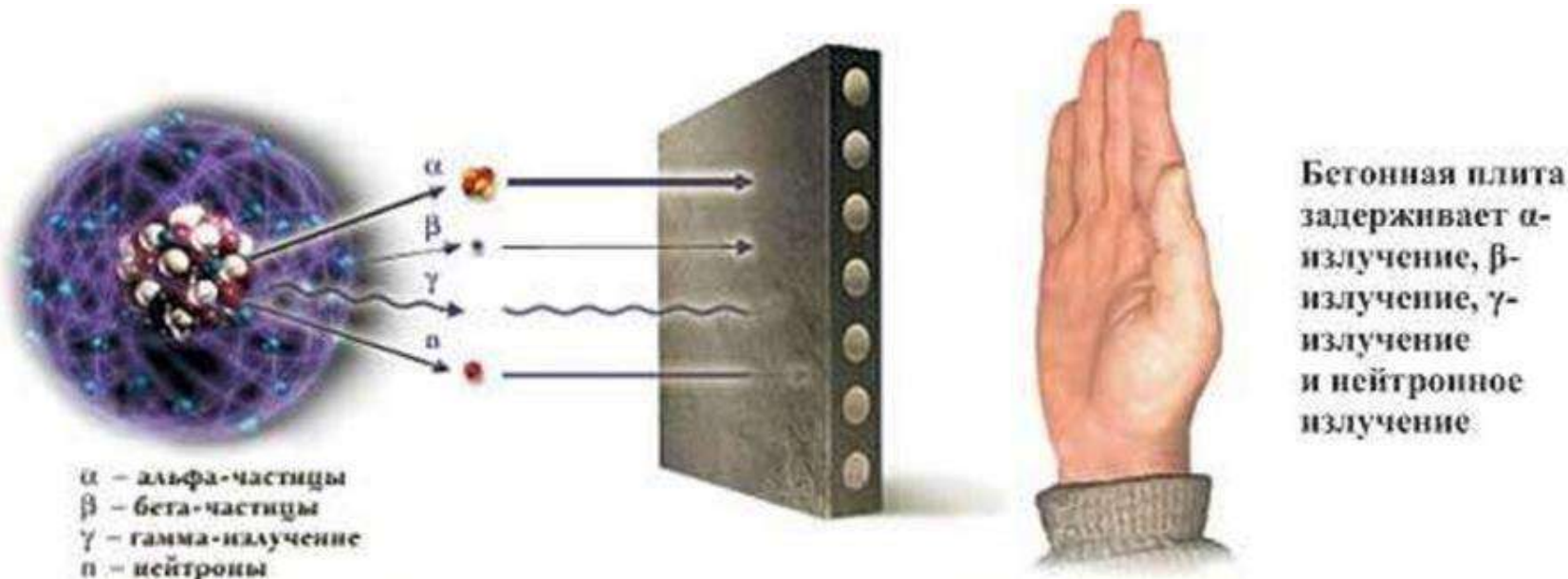
Кислотоупорный бетон изготавливается на основе жидкого стекла – силикатов натрия или калия, в которых вводятся отвердители – кремневый или фтористый натрий и минеральные порошки – базальт, диабаз, кварц и другие кислотоустойчивые породы.



Радиационно-защитные бетоны

К этой разновидности относятся особо тяжелые и гидратные бетоны со средней плотностью $2500 \div 6000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Их применяют в специальных сооружениях: ядерных реакторах АЭС, рентгенкабинетах для защиты от радиоактивного получения.

Гидратные бетоны содержат повышенное количество химически связанной воды (до 3% по массе), а также водород. Низкая молекулярная масса водорода способствует связыванию потока - лучей, нейтронов и т.д. Цементы в таких бетонах должны обеспечивать повышенное химическое и адсорбционное содержание воды (расширяющиеся, напрягаемые, глиноземистые и т.д.). Как заполнители используются материалы высокой плотности (магнезиты, железные руды, обрезки железа и т.д.). Для повышения защитных свойств вводят добавки, которые содержат бор, литий, кадмий. Защитная способность оценивается толщиной слоя бетона, при котором поток радиоактивного излучения ослабляется вдвое по сравнению с начальным.



Бумага
0,2 мм

Оргстекло
10 мм

Свинец
15 см

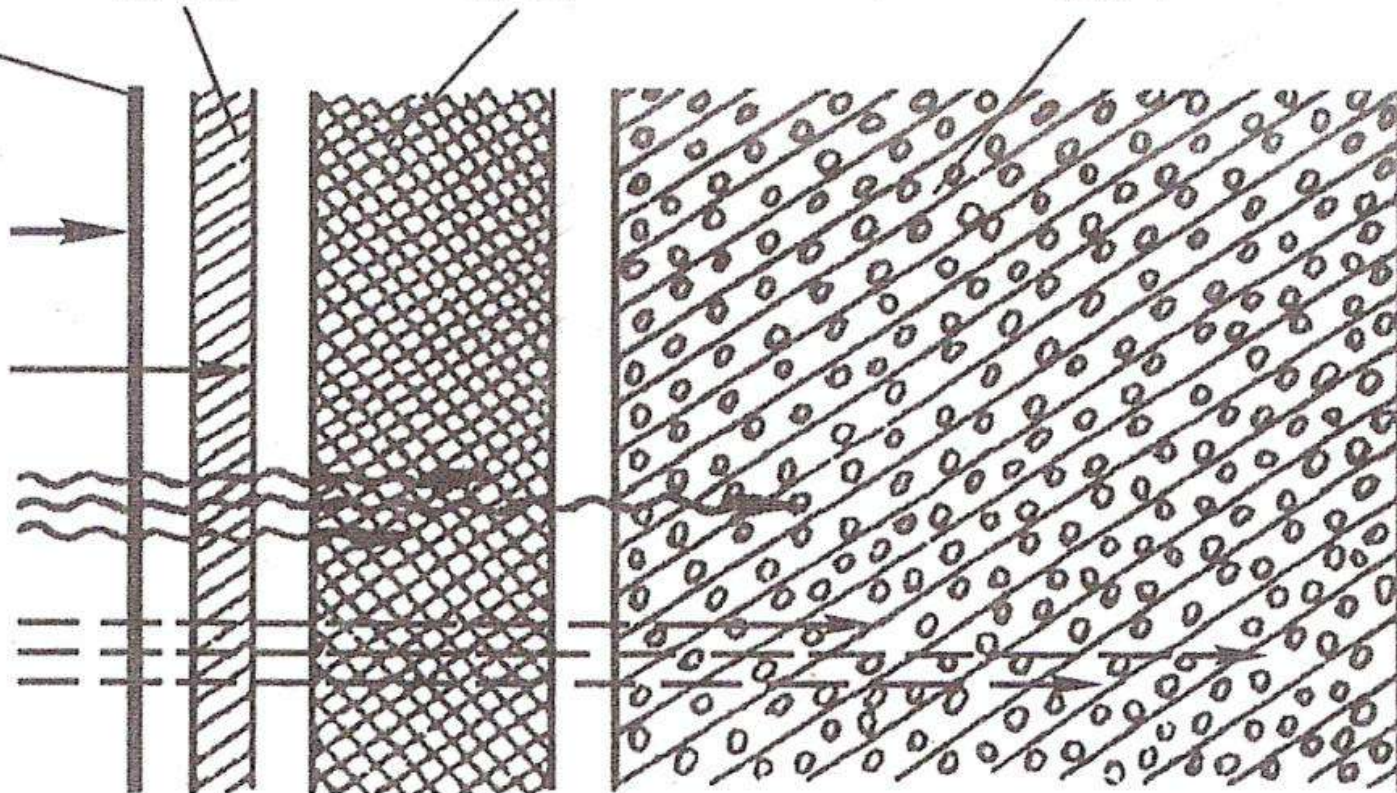
Бетон
3 м

α -частицы

β -частицы

γ -кванты

Нейтроны



СОСТАВ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНОГО СЕРНОГО БЕТОНА

Наименование компонента	Расход на 1 м ³ серобетона, кг	мас. %
Сера	546	12,7
Наполнитель	684	15,9
Крупный заполнитель	2047	47,6
Мелкий заполнитель	1023	23,8
Теоретическая средняя плотность бетона, кг/м ³	4300	

Применение радиационно-защитных бетонов при сооружении защитного купола АЭС



ФИБРОБЕТОН

- Фибробетон — разновидность цементного бетона, в котором достаточно равномерно распределены обрезки «фибры» или фиброволокна. Под собирательным названием «Фибра» подразумеваются волокна из металла, отрезки тонкой стальной проволоки, отходы гвоздевого производства и др., а также из стекла, полимеров (главным образом пропилена) и т. п



Классический способ укладки **сталефибробетона** при помощи виброрейки



фиброволокно синтетическое



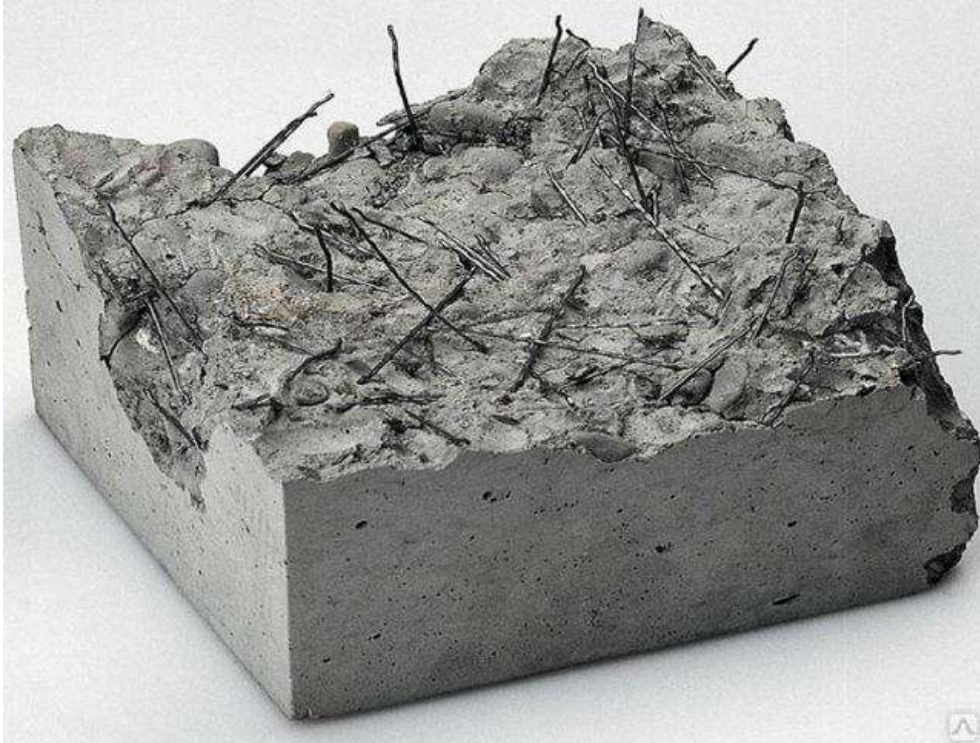
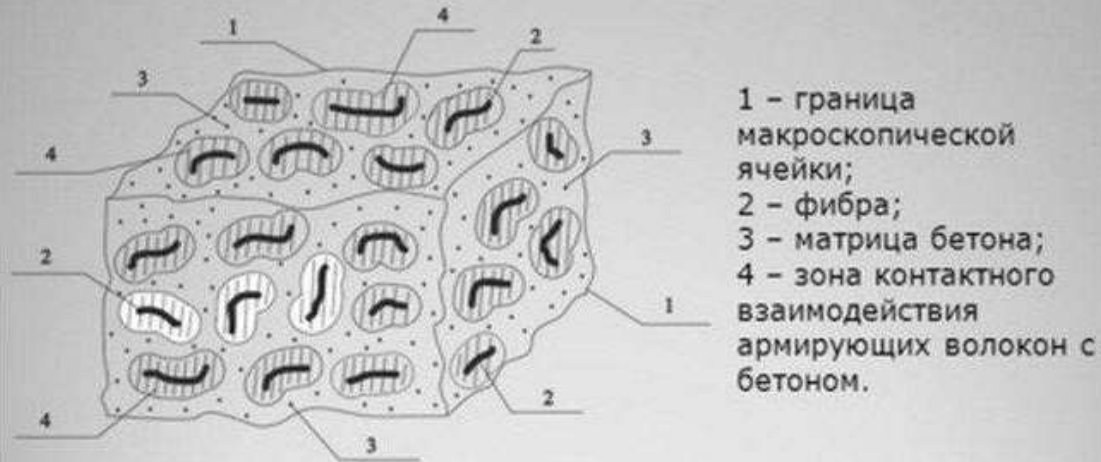
ФИБРА СТАЛЬНАЯ ПРОВОЛОЧНАЯ

Дисперсно-армированный бетон

- Фибробетон представляет собой композиционный материал, упрочненный волокнами.
- В нем невысокая прочность на растяжение и пластичность матрицы (бетона) сочетается с высокомодульным волокном, обладающим высокой прочностью на разрыв.
- Волокна препятствуют развитию усадочных деформаций, их наличие повышает прочность сцепления стержневой арматуры с бетоном на 40%.
- В зависимости от конструкций применяют минеральные, стеклянные, металлические (преимущественно из нержавеющей стали), синтетические (полипропиленовые, капроновые) волокна.



Структура фибробетона



За счет армирования цементно-песчаного раствора фиброволокном значительно улучшаются важнейшие эксплуатационные характеристики материала конструкций – долговечность, прочность, сопротивление на изгиб и растяжение, устойчивость к внешним воздействиям и пр. По своей прочности фибробетон зачастую даже превосходит железобетон, заметно выигрывая при этом по весу конструкций. Свойства конкретной разновидности фибробетона зависят прежде всего от типа используемой фибры.

ФИБРОБЕТОН

- **Стеклофибробетон – СФБ. Glassfiber reinforced concrete – GRC.**
- *Бетон и армирующие волокна работают совместно, т.к. имеет место сцепление по всей поверхности фибры. Это - огромная площадь: от 10000 до 50000м² (в зависимости от назначения получаемого материала). За счет такой гигантской площади сцепления бетона и волокна формируются качественно новые свойства композиционного материала, получившего название «стеклофибробетон» или «стеклоцемент».*
- Стеклобетон обладает исключительно высокими технологическими свойствами при формировании изделий практически любой нужной формы, любой геометрии, любого рельефа, любой фактуры.



Состав и изготовление фибробетона

Дозирование и смешивание

Добавление фибры при замесе небольшого объема бетона:

- Разъединение при помощи сжатого воздуха и вдувания в барабан на бетонную смесь
- Вращение барабана миксера с наибольшей скоростью
- Минимальное время смешивания > 5 мин.

Добавление фибры при изготовлении большого объема бетона:

- Введение непосредственно через транспортер с заполнителем! в бетоносмеситель
- При необходимости также вручную (целые упаковочные единицы)

Минимальное время смешивания > 1-2 минут



Физико-механические характеристики фибробетона

Высокопрочный бетон

№ п/п	Расход материалов на 1 м ³ бетонной смеси, кг				В/Ц	ОК, см	Прочность в возрасте 28 сут., МПа/%			Класс бетона, В	Модуль упругости, 10 ⁴ , МПа	Водопоглощение, %	Водонепроницаемость, атм	Морозостойкость, цикл
	Ц	П	Щ	Фибра + добавки			на сжатие	на растяжение при изгибе	призменная					
1	600	362	1202	–	0,36	2,0	53,5/100	6,5/100	38,5	B40	3,6	4,7	8	300
2	600	362	1202	FibARM Fiber WB + окислитель (0,3-0,7%) + С-3 (0,5-0,8%)*	0,30	2,0	84/157	10,8/166	74,0	B60	4,8	3,4	12	400

- ✓ повышается прочность на сжатие на 57% и прочность на растяжение при изгибе на 68%;
- ✓ призменная прочность фибробетона повышается и составляет 88% по отношению к кубиковой прочности, в то время как у контрольного состава призменная прочность составляет 72% относительно кубиковой прочности;
- ✓ фибробетон характеризуется формированием более плотной структуры, что подтверждается уменьшением водопоглощения на 38%;
- ✓ долговечность бетона увеличивается, т.к. повышается водонепроницаемость на 2 степени и морозостойкость на 33%.



Самые характерные сферы применения фибробетона:

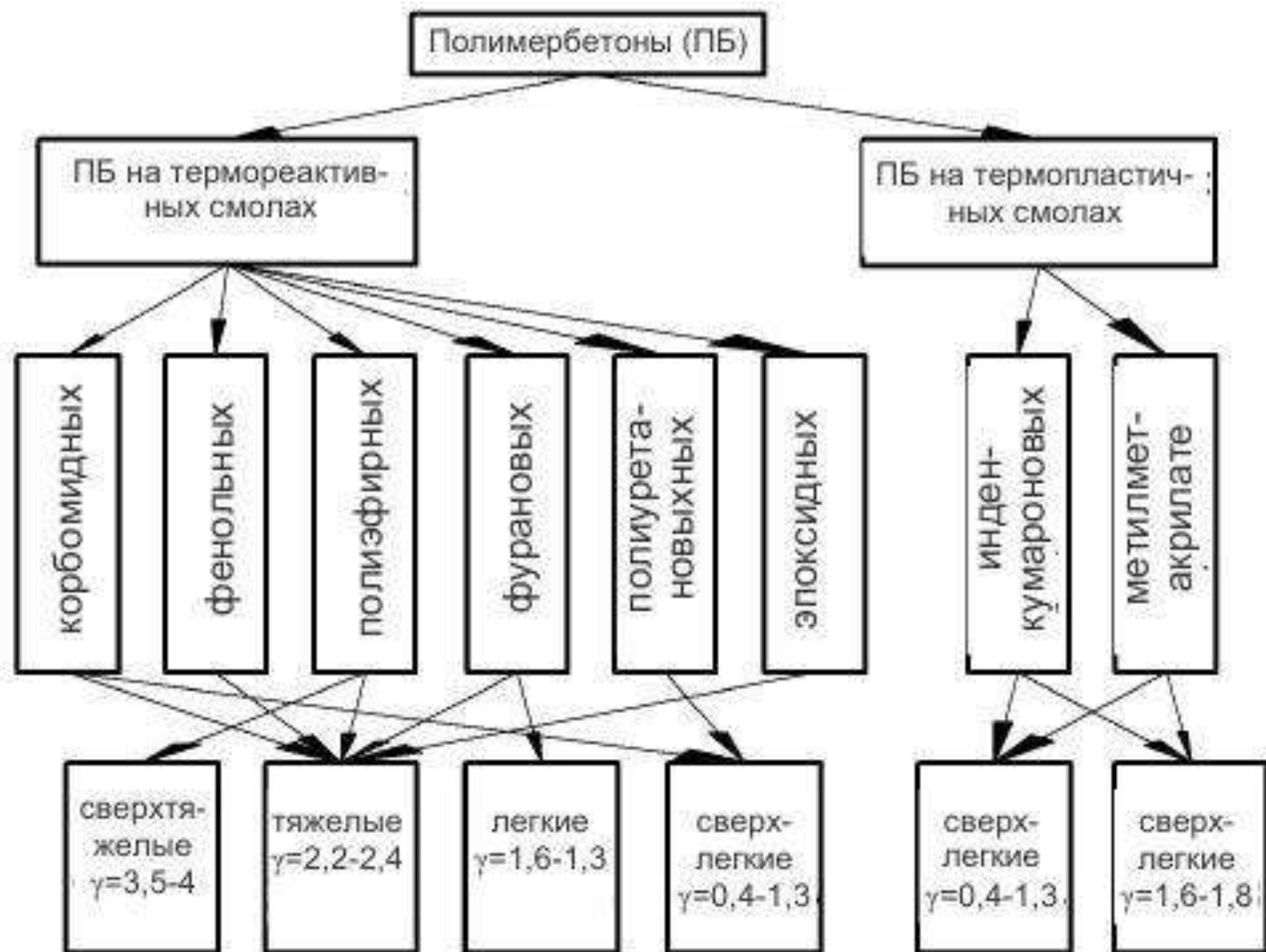
- фундаменты, шпалы, мостовые покрытия, тоннели, полы;
- каркасы конструкций, перекрытия, монолитное строительство;
- дороги, взлетно-посадочные полосы;
- гидротехнические сооружения, дамбы, плотины, резервуары, бассейны, берегозащитные полосы, водоотводные шахты, канализационные колодцы;
- тротуары, бордюры, тротуарная плитка;
- шумозащитные щиты;
- отделка фасадов, карнизы, декоративные элементы, лепнина;
- колонны, арки, перила, лестницы, балюстрады;
- заборы, скамейки, клумбы;
- конструкции и объекты малого веса из пеноблоков и газоблоков.



Полимербетоны и полимерцементные бетоны

- Полимербетоны изготавливают на основе полиэфирных, эпоксидных, фенолоформальдегидных, фурановых и других полимеров. Заполнители используют в зависимости от вида агрессивной среды. Для кислых сред применяют кислотостойкие заполнители - кварцевый песок и щебень из кварцита, базальта или гранита, а также кислотоупорный кирпич, как и графит.





Классификация полимербетонов



Полимербетон

Преимущества полимербетона:

- Высокие механические свойства, в 3-5 раз выше, чем у обычного бетона.
- Низкое водопоглощение - 0,5%, по сравнению с обычным бетоном - 5%, устойчив к морозу.
- Стойкий к атмосферным воздействиям, к старению и химическому воздействию.
- Быстро отверждается.
- Имеет низкую усадку.
- Поверхность закрытая, без пор.
- Высокая стойкость к абразивному износу.



Механические свойства полимербетона и обычного бетона

	Полимербетон	Бетон
Разрушающее напряжение при растяжении	15 N/mm ²	5-6 N/mm ²
Модуль при растяжении	19000 N/mm ²	–
Разрушающее напряжение при изгибе	30 -40 N/mm ²	8-10 N/mm ²
Модуль при изгибе	16-17000 N/mm ²	–
Ударная вязкость	3 MJ/mm ²	–
Сжатие	90 N/mm ²	40-50 N/mm ²

Виды разрушения бетона

Физико-химическое
разрушение

Коррозия I вида
(выщелачивание цемента)

Коррозия II вида (химиче-
ские реакции
замещения)

Коррозия III вида (кристал-
лизация сульфатов гипса и
сульфоалюмината)

Физико-механическое
разрушение

Периодическое заморажива-
ние и оттаивание

Воздействие производствен-
ных масел и эмульсий

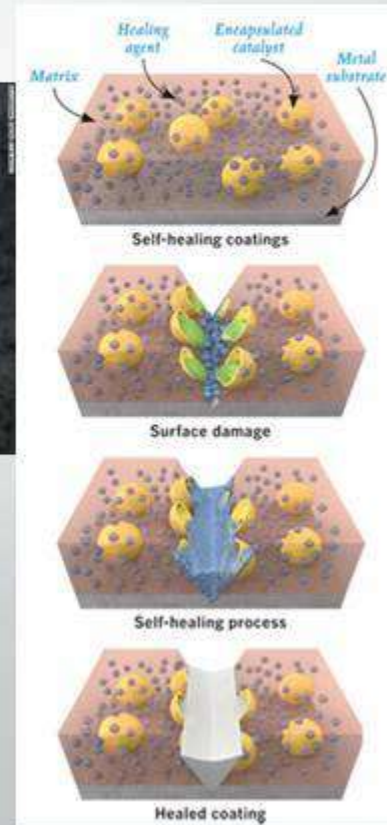
Механические внешние
воздействия

СОВРЕМЕННЫЕ ВИДЫ БЕТОНА

УМНЫЕ БЕТОНЫ (Smart Materials and Composites)

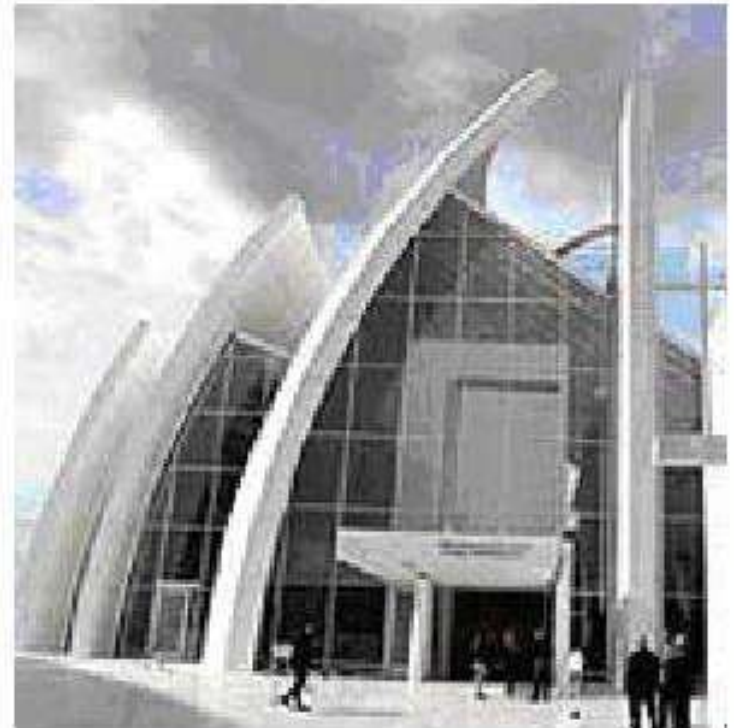
САМОЗАЛЕЧИВАЮЩИЙСЯ БЕТОН (SHC)

САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЙСЯ БЕТОН (SRC)



Шведский строительный гигант Skanska впервые получил самоочищающиеся бетоны, покрытые фотохимическими катализаторами, призванными очищать от загрязнений и сами стены, и воздух в городах. В качестве катализатора выступает **диоксид титана**, который при облучении ультрафиолетом солнца разлагает окись азота), а также уничтожает бактерии.

Несмотря на более высокую цену, а также — на невыгодное соотношение между огромными массами воздуха и сравнительно небольшими площадями, покрытыми катализатором — первые опыты показали: эффект от таких стен всё же есть. Особенно привлекательной выглядит постройка из бетона, очищающего воздух, автомобильных туннелей.



Церковь Jubilee Church в Риме построена из самоочищающегося бетона, всегда сохраняющего белизну (фото AP).

СОВРЕМЕННЫЕ ВИДЫ БЕТОНА

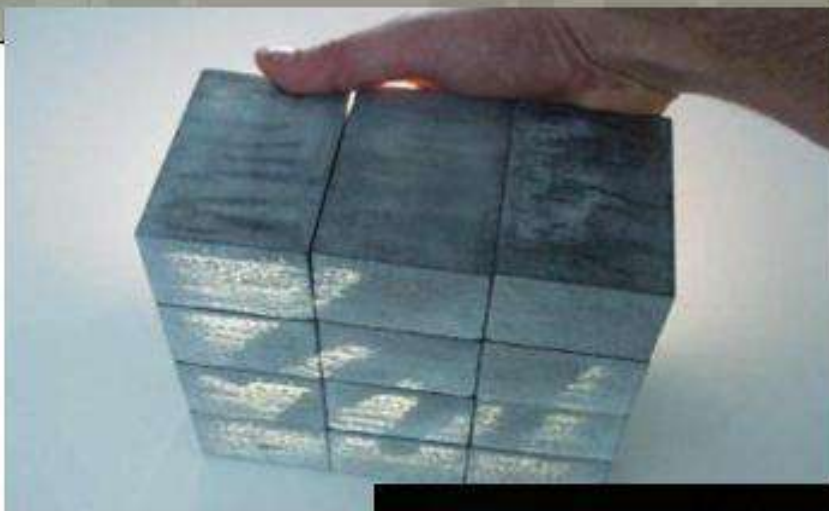
ПРОЗРАЧНЫЙ БЕТОН (LTC)



Lucet - комбинация стекловолокна и
мелкозернистого бетона
LIGHT TRANSMITTING CONCRETE



Светопрозрачный бетон



соединение мелкозернистого бетона на основе высокопрочного цемента и мраморной либо гранитной крошки мелких фракций и оптоволокна.



27-летний венгерский архитектор Арон Локонзи (Aron Losonczi) объединил самый популярный в мире строительный материал с оптическим волокном и создал новый тип бетона LiTraCon (Light Transmitting Concrete), который пропускает свет.



Контрольные вопросы

- Классификация бетонов
- Основные требования к заполнителям для тяжелого бетона
- Что такое тиксотропия бетонной смеси
- Что такое подвижность бетонной смеси, как она определяется
- Что такое жесткость бетонной смеси, как она определяется
- Условия твердения бетона
- Структура бетона, влияние на нее уплотнения и условий твердения, виды добавок
- Тепловлажностная обработка бетона: виды, режимы
- Что такое марка и класс бетона по прочности
- Методы формования в зависимости от тиксотропии бетона
- Виброобработка бетонной смеси
- Невибрационные методы уплотнения бетонной смеси
- Способы зимнего бетонирования, виды противоморозных добавок
- Разновидности тяжелого бетона и их применение
- Маркировка бетонных смесей