

Бетоны классифицируются по следующим признакам:

- основное назначение;
- стойкость к видам коррозии;
- вид вяжущего;
- вид заполнителей;
- структура;
- условия твердения;
- прочность;
- темп набора прочности;
- средняя плотность;
- морозостойкость;
- водонепроницаемость;
- истираемость

В зависимости от основного назначения бетоны подразделяют на:

- конструкционные
- специальные

Физико-механические свойства бетона и раствора

- Удобоукладываемость
 - Подвижность
 - Жесткость
 - Связность
-
- Средняя плотность бетона, D , кг/м³
 - Прочность (класс В, марка М), МПа
 - Водонепроницаемость (W),
 - Морозостойкость (F)
 - Огнеупорность

Классификация бетонов

Классификационный показатель	Основные виды бетонов
Вид вяжущего	Цементные, гипсовые, известковые, шлакощелочные, полимерные, полимерцементные
Плотность	Тяжелые, особо тяжелые, легкие, особо легкие
Вид заполнителя	Плотные, пористые, неорганические, органические
Крупность заполнителя	Крупнозернистые, мелкозернистые, песчаные
Удобоукладываемость бетонных смесей	Из сверхжестких, жестких, подвижных, литых смесей
Степень поризации	Плотные, поризованные, крупнопористые, ячеистые
Способ уплотнения	Вибрированные, трамбованные, прессованные, вибропрессованные, вибровакуумированные, центрифугированные, литые
Характерные свойства	Высокопрочные, быстротвердеющие, сульфатостойкие, кислотостойкие, низкотермичные, декоративные и др.
Назначение	Конструктивные, дорожные, гидротехнические, теплоизоляционные, радиационно-защитные, отделочные и др.

В зависимости от **средней плотности D** различают бетоны:

- Особо тяжелые - $D > 2500 \text{ кг/м}^3$
- Тяжелые $D = 2200 \dots 2500 \text{ кг/м}^3$
- Облегченные - $D = 1800 \dots 2000 \text{ кг/м}^3$
- Легкие - $D = 500 \dots 1800 \text{ кг/м}^3$
 - легкие бетоны на пористых заполнителях;
 - ячеистые бетоны (газобетон и пенобетон);
- Крупнопористые
- Особо легкие, или теплоизоляционные, $D < 500 \text{ кг/м}^3$

ОСОБО ТЯЖЕЛЫЙ БЕТОН

Особо тяжелые бетоны применяют в специальных сооружениях для защиты от радиоактивных воздействий.

К особо тяжелым относят бетоны с плотностью более 2500 кг/м^3 .
Вяжущее: портландцемент, пуццолановый портландцемент, шлакопортландцемент, глиноземистый цемент, гипсоглиноземистый расширяющийся цемент.

Заполнители: магнетит, гематит, барит, металлический скрап.

Требования к заполнителям:

минимальная прочность на сжатие чугунного скрапа – 200 МПа, магнетита – 200 МПа, лимонита или гематита – 35 МПа, барита – 40 МПа

ТЯЖЕЛЫЙ БЕТОН

В строительстве наиболее широко используют обычный тяжелый бетон плотностью 1600-2500 кг/м³ на заполнителях из горных пород (граните, известняке, диабазе, щебне).

Строительными нормами и правилами установлены следующие марки тяжелых бетонов - М 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600.

Существуют различные виды тяжелого бетона:

Бетон для сборных железобетонных конструкций

Высокопрочный бетон

Быстротвердеющий бетон

Бетон на мелком песке

Бетон для гидротехнических сооружений

Бетон для дорожных и аэродромных покрытий

Бетон с тонкомолотыми добавками

Малощебеночный бетон

Литой бетон

Бетон с поверхностно-активными добавками.

ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ

Заполнители:

Искусственные - керамзит, аглопорит, перлит, шлаковую пемзу

Естественные - туф, пемзу.

Легкие бетоны делятся на три вида:

Поризованный легкий бетон

Крупнопористый легкий бетон

Ячеистый бетон

ПОРИЗОВАННЫЙ ЛЕГКИЙ БЕТОН

К поризованным легким бетонам относят бетоны, содержащие более 800 л/м³ легкого крупного заполнителя, у которых объем воздушных пор составляет 5-25%.

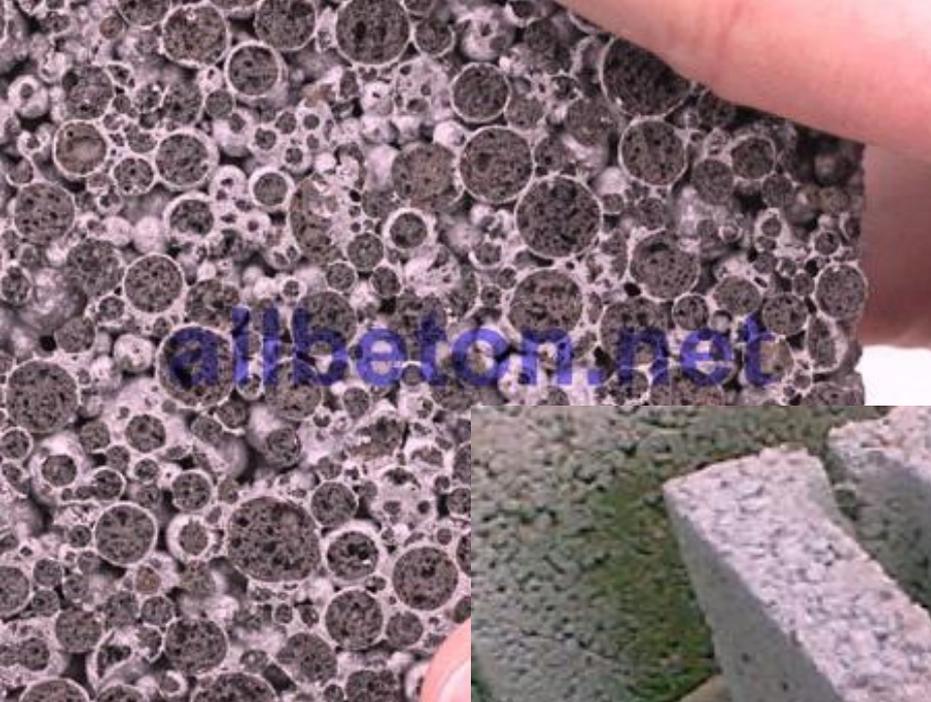
Поризацию таких бетонов осуществляют либо предварительно приготовленной пеной, либо за счет введения газообразующих или воздухововлекающих добавок. В зависимости от используемого заполнителя и способа поризации бетоны получают название:

керамзитопенобетон,

керамзитогазобетон,

керамзитобетон с воздухововлекающими добавками.

Для поризованного легкого бетона рационально применять цемент М400 и выше, керамзит марок: М50, 75, 100, 150, 200, 250.



Крупнопористых бетон на
легком заполнителе
(керамзитовый гравий)



КРУПНОПОРИСТЫЙ ЛЕГКИЙ БЕТОН

Бетон на легких крупнопористых заполнителях (керамзитовый гравий, аглопорит, шлаковая пемза, природные крупнопористые и мелкопористые заполнители).

Крупнопористые бетоны на легких заполнителях отличаются высокой жесткостью, поэтому при определении их состава контролируют нерасслаиваемость бетонной смеси.

ЯЧЕЙСТЫЙ БЕТОН

Особо легкий бетон с большим количеством (до 85% от общего объема бетона) мелких и средних воздушных ячеек размером до 1-1,5 мм. Пористость ячеистым бетонам придается:

- механическим путем (пенобетон)
- химическим путем (газобетон).

В качестве пенообразователей используют несколько видов ПАВ (клееканифольный, смолосапониновый, алюмосульфонатный и ГК).

Расход пенообразователя для получения пены составляет соответственно – 18-20%; 12-16%; 16-20% и 4-6%.

В качестве газообразователя применяют алюминиевую пудру, которую выпускают четырех марок. Для производства газобетона используют пудру марки ПАК-3 или ПАК-4 с содержанием активного алюминия 82% и тонкостью помола 5000-6000 см²/г.

Характеристика основных видов легких бетонов
(ГОСТ 25820-2000)

Бетон	Марки по плотности, кг/м ³	Классы по прочность при сжатии, МПа	Назначение
Теплоизоляционные	D300-D500	B0.35-B2	Для тепловой изоляции
Конструкционно-теплоизоляционные	D600-D1600	B2.5-B10	Для ограждающих конструкций зданий
Конструкционные	D1100-D2000	B12.5-B40	Для несущих конструкций зданий и сооружений

ОСОБЫЕ ВИДЫ БЕТОНА

Силикатный бетон

Бетон автоклавного твердения.

Вяжущее - смесь извести с тонкомолотым кремнеземистым материалом.

В зависимости от вида кремнеземистого компонента:

-известково-кремнеземистые (тонкомолотая известь и песок);

-известково-шлаковые

(совместный помол металлургического или топливного шлака и извести);

-известково-зольные (тонкомолотая известь и топливные золы);

- известково-белитовые

(тонкомолотые продукты низкотемпературного обжига -белитового шлама и песка),

-известково- аглопоритовые (известь и отходы производства искусственных пористых заполнителей).

Прочность силикатного бетона меняется в широких пределах:

5-10 МПа в легких силикатных бетонах,

20-50 МПа в тяжелых бетонах

80-100 МПа в высокопрочных бетонах.

Из силикатного бетона производят плиты перекрытий, колонны, ригели, балки, ограждающие панели и стеновые блоки.

Цементно-полимерный бетон

Цементные бетоны с добавками различных высокомолекулярных органических соединений в виде водной дисперсии полимеров (винилацетата, винилхлорида, стирола, латексов или водорастворимых коллоидов: поливинилового и фурилового спиртов, эпоксидных водорастворимых смол, полиамидных и мочевиноформальдегидных смол).

Цементно-полимерные бетоны характеризуются наличием двух активных составляющих: минерального вяжущего и органического вещества.

В результате цементно-полимерный бетон приобретает особые свойства: повышенную по сравнению с обычным бетоном прочность на растяжение и изгиб, более высокую морозостойкость, хорошие адгезионные свойства, высокую износостойкость, непроницаемость.

Наиболее распространенными добавками полимеров в цементные бетоны являются ПВА, латексы и водорастворимые смолы.

Полимербетоны

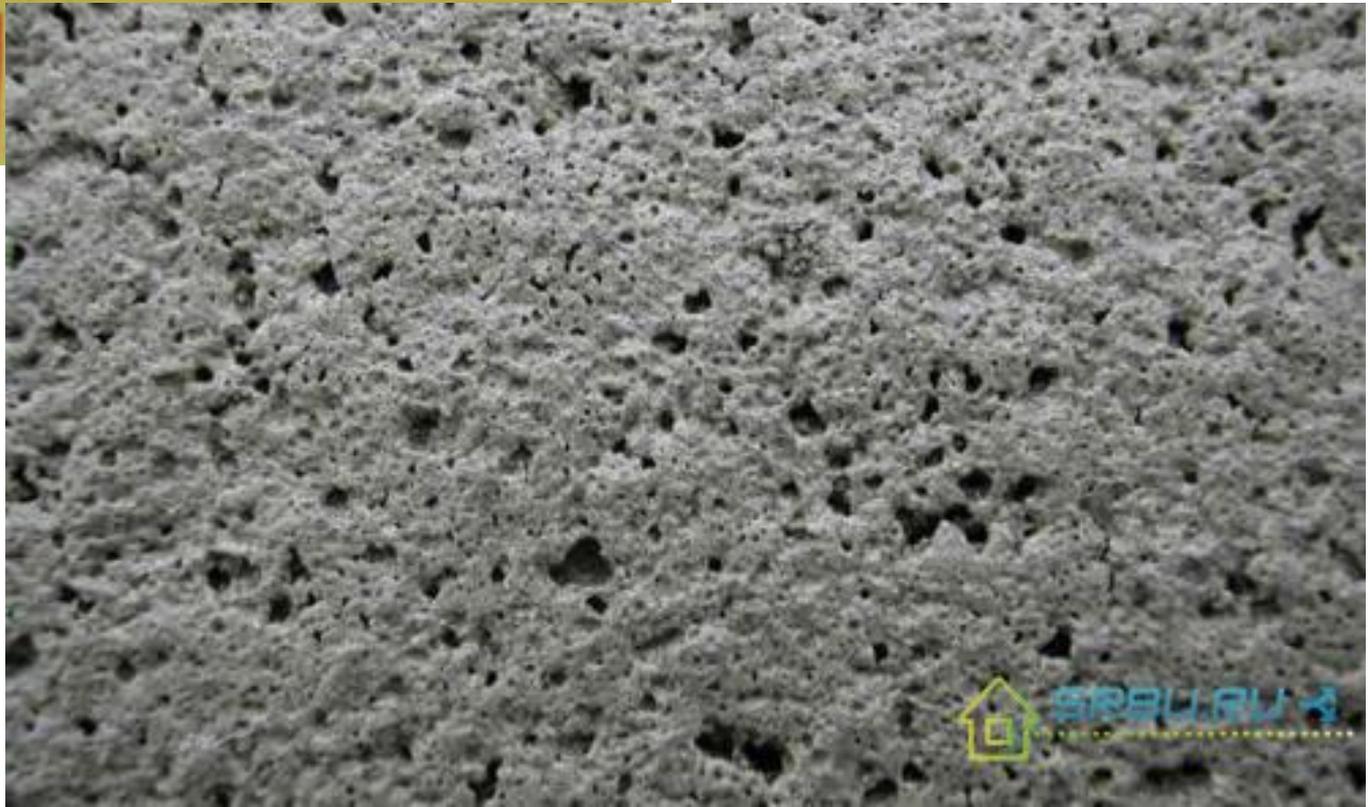
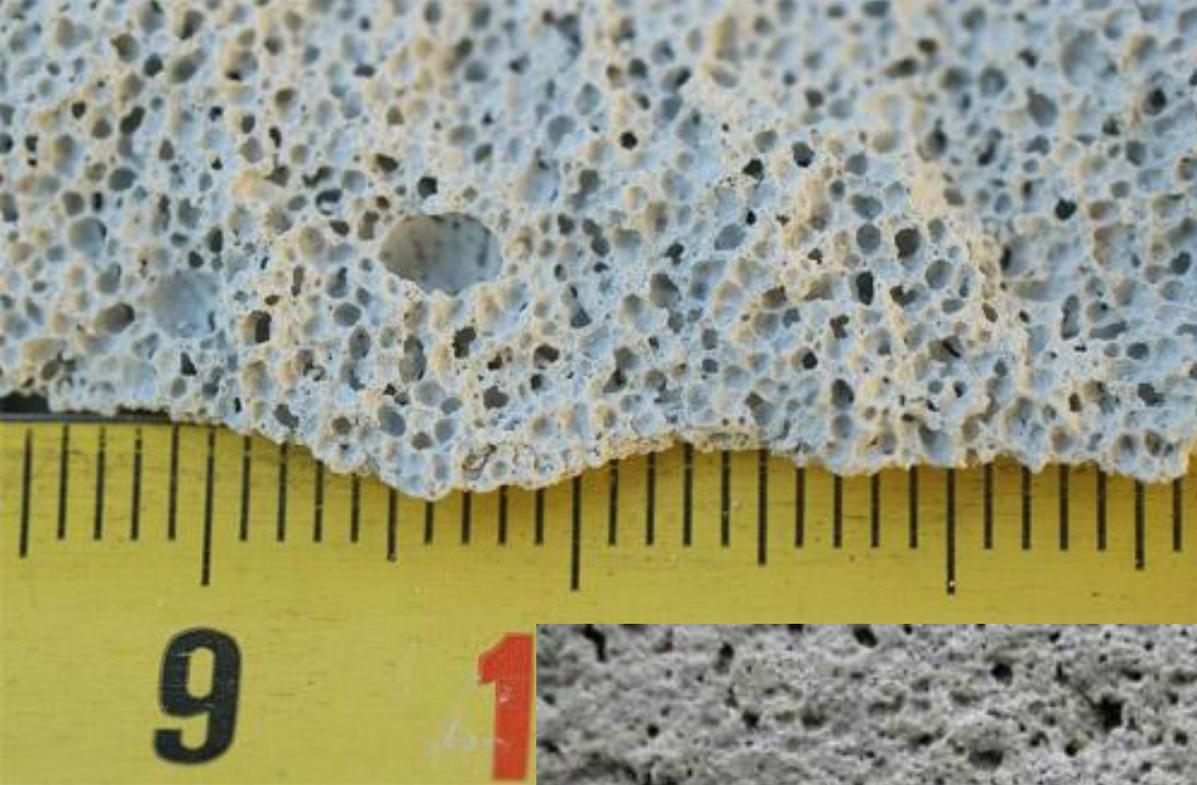
Полимербетонами называют бетоны, в которых вяжущими служат различные полимерные смолы, а заполнителями -неорганические материалы (песок и щебень).

Для экономии смолы и улучшения свойств полимербетонов в них иногда вводят тонкомолотые наполнители. Для ускорения твердения и улучшения свойств применяют отвердители, пластификаторы. Наиболее часто для полимербетонов используют термореактивные смолы: фурановые (ФА), эпоксидные (ЭД-5,ЭД-6) и полиэфирные (ПН-1 и ПН-3;МГФ-9 и ТМГФ-11).

Усредненные характеристики полимербетонов: прочность на сжатие – 20-100 МПа; усадка линейная 0,2-1,5%; мера ползучести 0,3-0,5 кв.см/кг; пористость 1-2 %; стойкость к нагреву 100-180 °С.



1. Полистиролбетон
2. Пенобетон
3. Арболит
4. Газосиликат
5. Керамзитбетон



Пенобетон



Газобетон



ГОСТ 25485-89 Бетоны ячеистые. Технические условия

Вид бетона	Марка бетона по средней плотности	Теплопроводность, Вт/(м °С), не более, бетона в сухом состоянии, изготовленного	
		на песке	на золе
Тепло- изоляци- онный	D300	0,08	0,08
	D400	0,10	0,09
	D500	0,12	0,10
Конст- рукцион- но-тепло- изоляци- онный	D500	0,12	0,10
	D600	0,14	0,13
	D700	0,18	0,15
	D800	0,21	0,18
	D900	0,24	0,20
Конст- рукцион- ный	D1000	0,29	0,23
	D1100	0,34	0,26
	D1200	0,38	0,29

Таблица 1

Марка ячеистого бетона по средней плотности	Коэффициент теплопроводности ячеистого бетона в сухом состоянии λ_0 , Вт/(м · °С)
D200	0,048
D250	0,06
D300	0,072
D350	0,084
D400	0,096
D450	0,108
D500	0,12
D600	0,14
D700	0,17
D800	0,19
D900	0,22
D1000	0,24
D1100	0,26
D1200	0,28

Показатели материала

Плотность, кг/м³

Класс по прочности на сжатие

Морозостойкость, циклы

Отношение к влаге

Отношение к огню

Эксплуатационная теплопроводность, Вт/м·С

Толщина наружной стены (московский регион), м

Возможность монолита

Автоклавный газобетон (газосиликат)

500

B2,5-3

F50

Требует защиты

Не горит

0,14

0,5

Нет

Неавтоклавный газобетон

500

B1,5

не нормируется

Требует защиты

Не горит

0,17

0,7

Да

ГОСТ 21520-89 Блоки из ячеистых бетонов. Стеновые мелкие.

Марка бетона по средней плотности	D 500	D 600	D 700	D 800	D 900	D 1000	D 1100	D 1200
Класс бетона по проч- ности на сжатие, не менее	B3,5	B5	B5	B7,5	B7,5*	B7,5*	B10*	B12,5*
	B2,5	B3,5	B3,5	B5	B5*	B5*	B7,5*	B10*
	B2	B2,5	B2,5	B3,5	B3,5*	—	—	—
	B1,5	B2	B2*	B2,5	B2,5*	—	—	—

* Показатели класса по прочности на сжатие относятся только к блокам из бетона неавтоклавного твердения.

Вид пенобетона	Марка пенобетона по средней плотности	Пенобетон неавтоклавный	
		класс по прочности на сжатие	марка по морозостойкости
Теплоизоляционный	D400	B0,75	Не нормируется
	D500	B1	Не нормируется
Конструкционно - теплоизоляционный	D600	B2,5	От F15 до F35
	D700	B3,5	От F15 до F50
	D800	B5	От F15 до F75
	D1000	B7,5	От F15 до F50
Конструкционный	D1100	B10	
	D1200	B12,5	

Сравнительные характеристики пенобетона и традиционных стеновых материалов

Материал	Плотность кг/м ³	К-т теплопроводности Вт/мК	Требуемая толщ. стены, м*	Масса 1м ² стены, кг
Керамический кирпич	1800	0,8	0,64	1152
Силикатный кирпич	1850	0,85	0,64	1184
Известняк пиленый	1600	0,35	0,35	560
Шлакоблок	1400	0,65	0,55	770
Пенобетон	700-1000 (можно выпускать любой)	0,18	0,3	210-300

Полимербетон

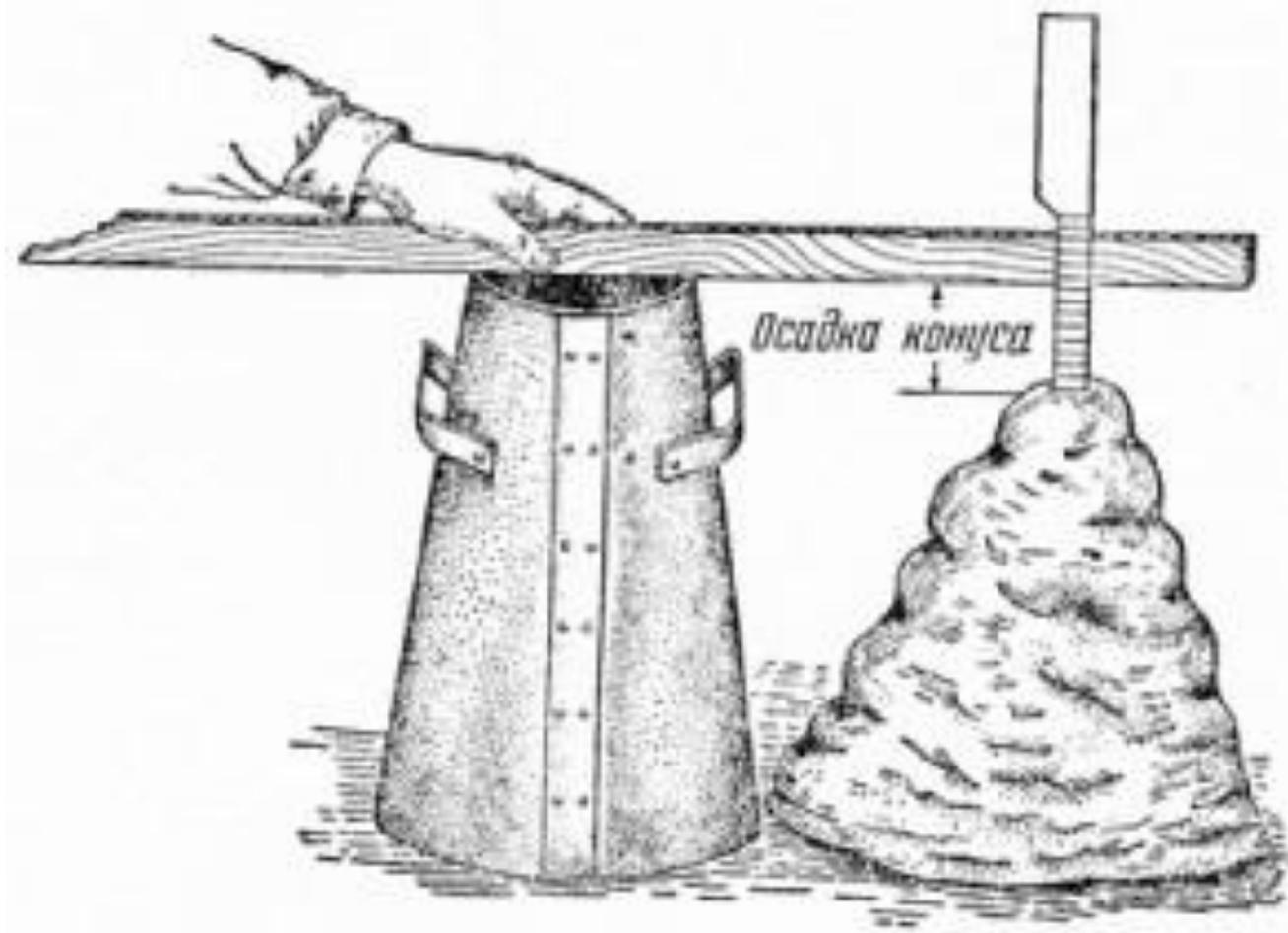


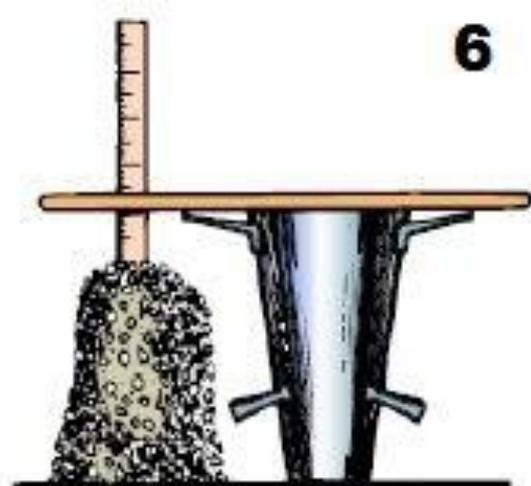
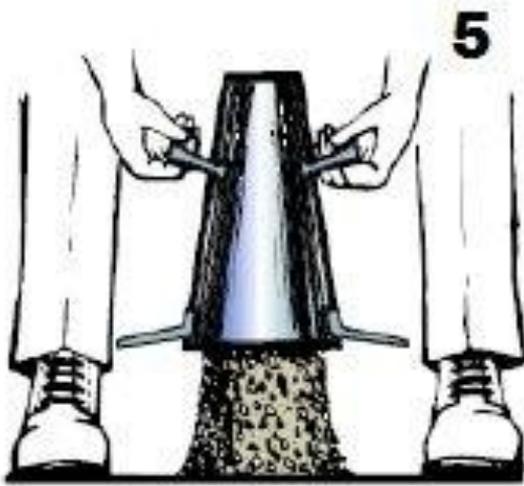
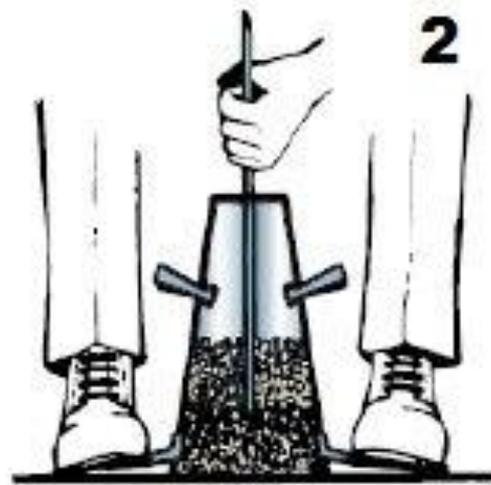
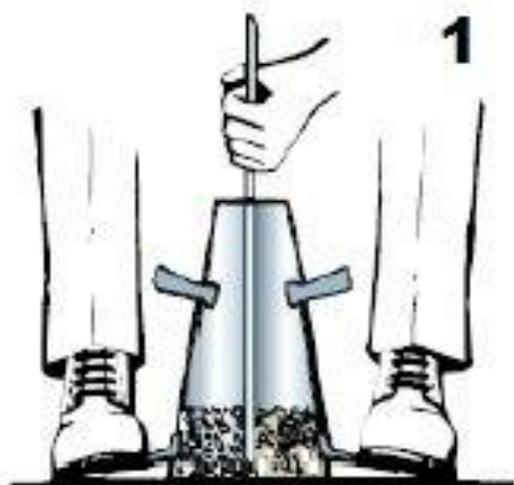
Физико-механические свойства бетона и раствора

- Удобоукладываемость
 - Подвижность
 - Жесткость
 - Связность
-
- Средняя плотность бетона, D , кг/м³
 - Прочность (класс В, марка М), МПа
 - Водонепроницаемость (W),
 - Морозостойкость (F)
 - Огнеупорность

Удобоукладываемость бетонной смеси

Подвижность (P , см) характеризуется осадкой стандартного конуса, отформованного из испытуемой бетонной смеси.





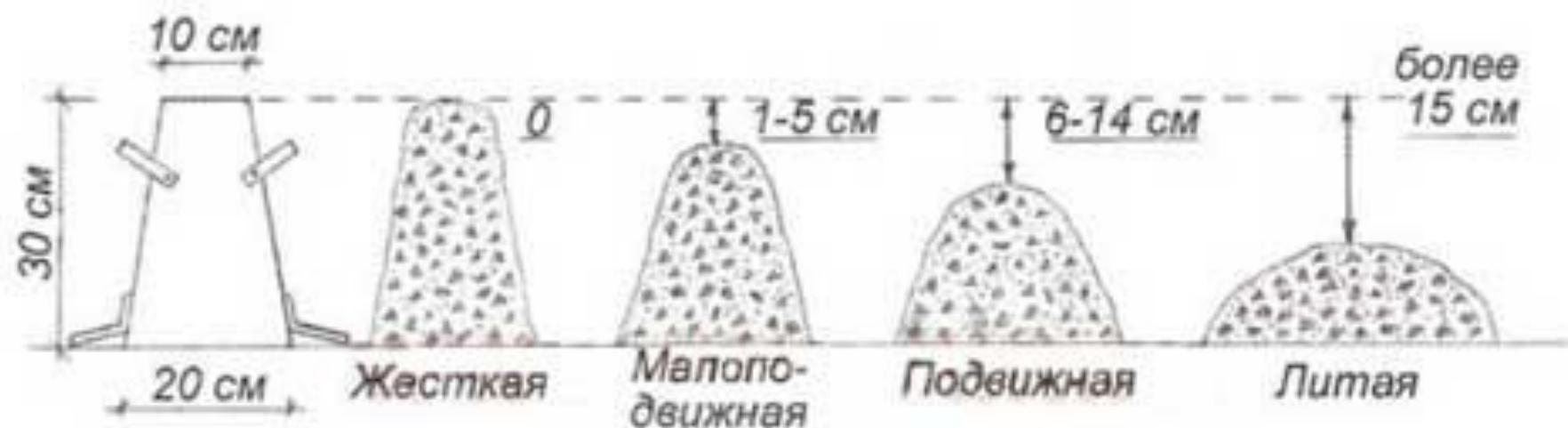
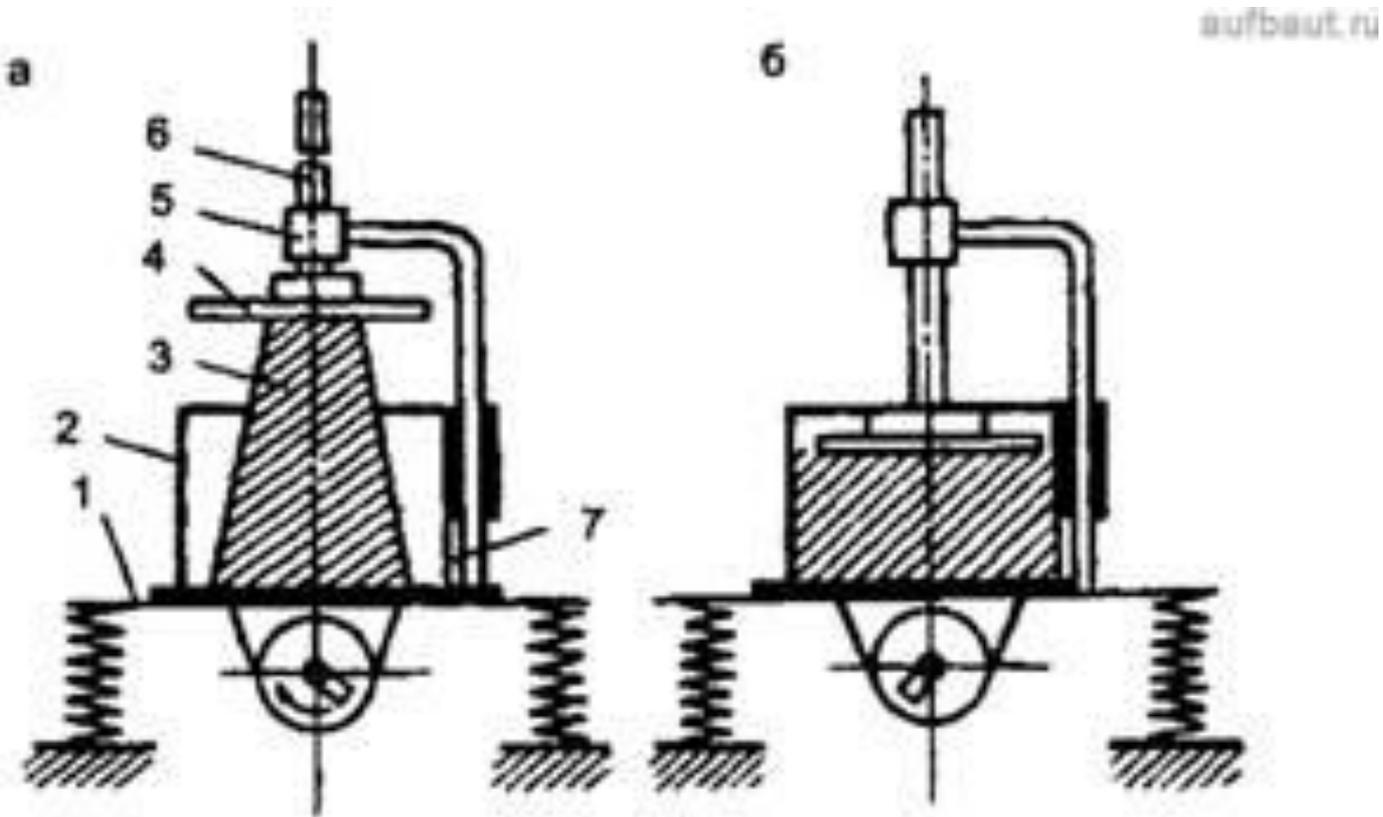
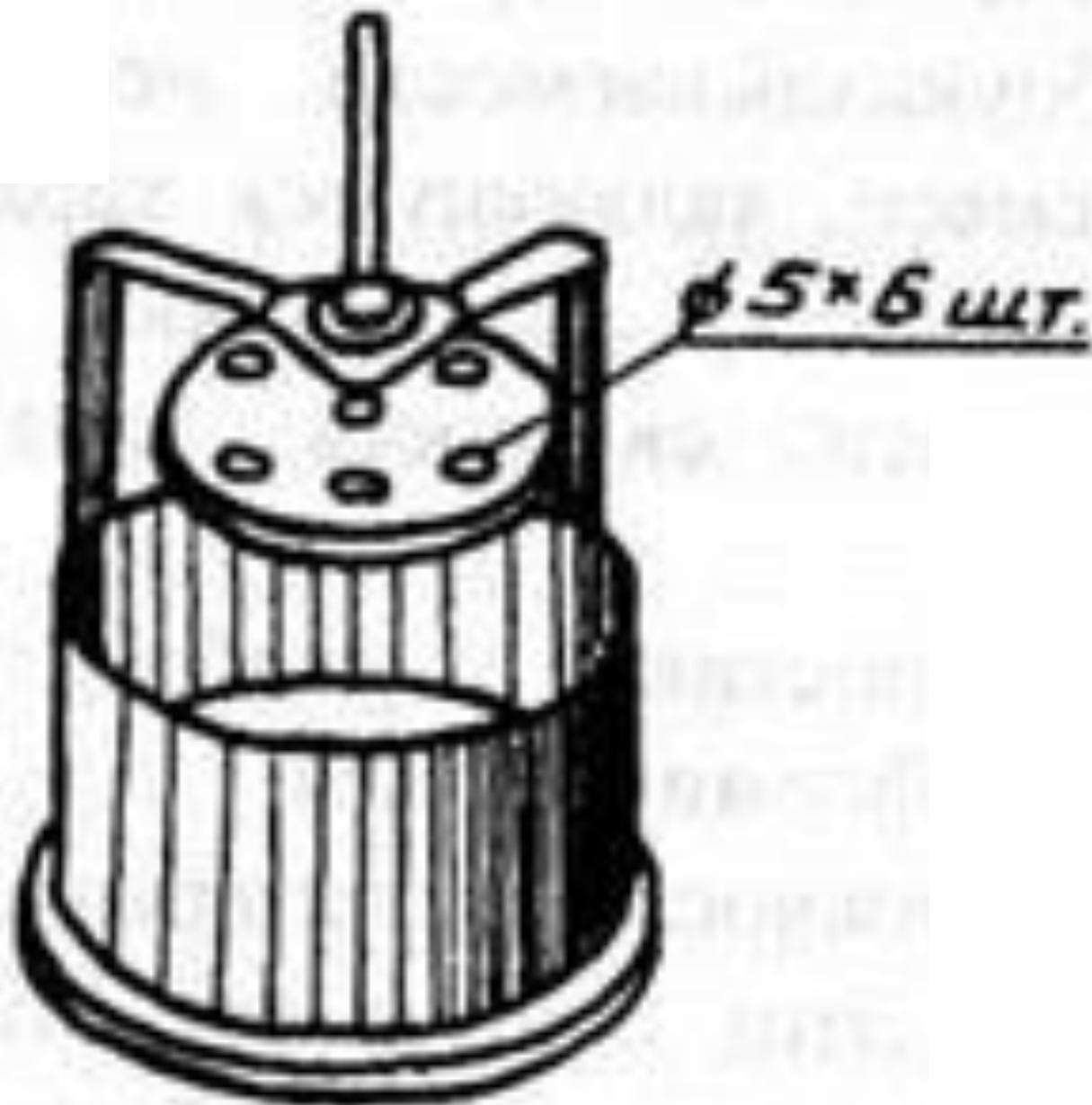


Схема определения подвижности (величины осадки конуса) бетонной смеси

Жесткость (Ж, сек) определяют по времени вибрации, необходимого для выравнивания и уплотнения отформованного конуса из бетонной смеси на специальном приборе.



а — прибор в исходном состоянии; б — после окончания вибрирования;
1 — виброплощадка; 2 — цилиндр; 3 — конус с бетонной смесью; 4 — диск с отверстиями; 5 — втулка; 6 — штанга; 7 — штатив



Классификация бетонных смесей по удобоукладываемости

Марки по удобоукладываемости	Норма удобоукладываемости по показателю	
	Жесткости, с	Подвижности, см
Ж4	31 и более	-
Ж3	21...30	-
Ж2	11...20	-
Ж1	5...10	-
П1	1...4	4 и менее
П2	-	5...9
П3	-	10...15
П4	-	16 и более

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

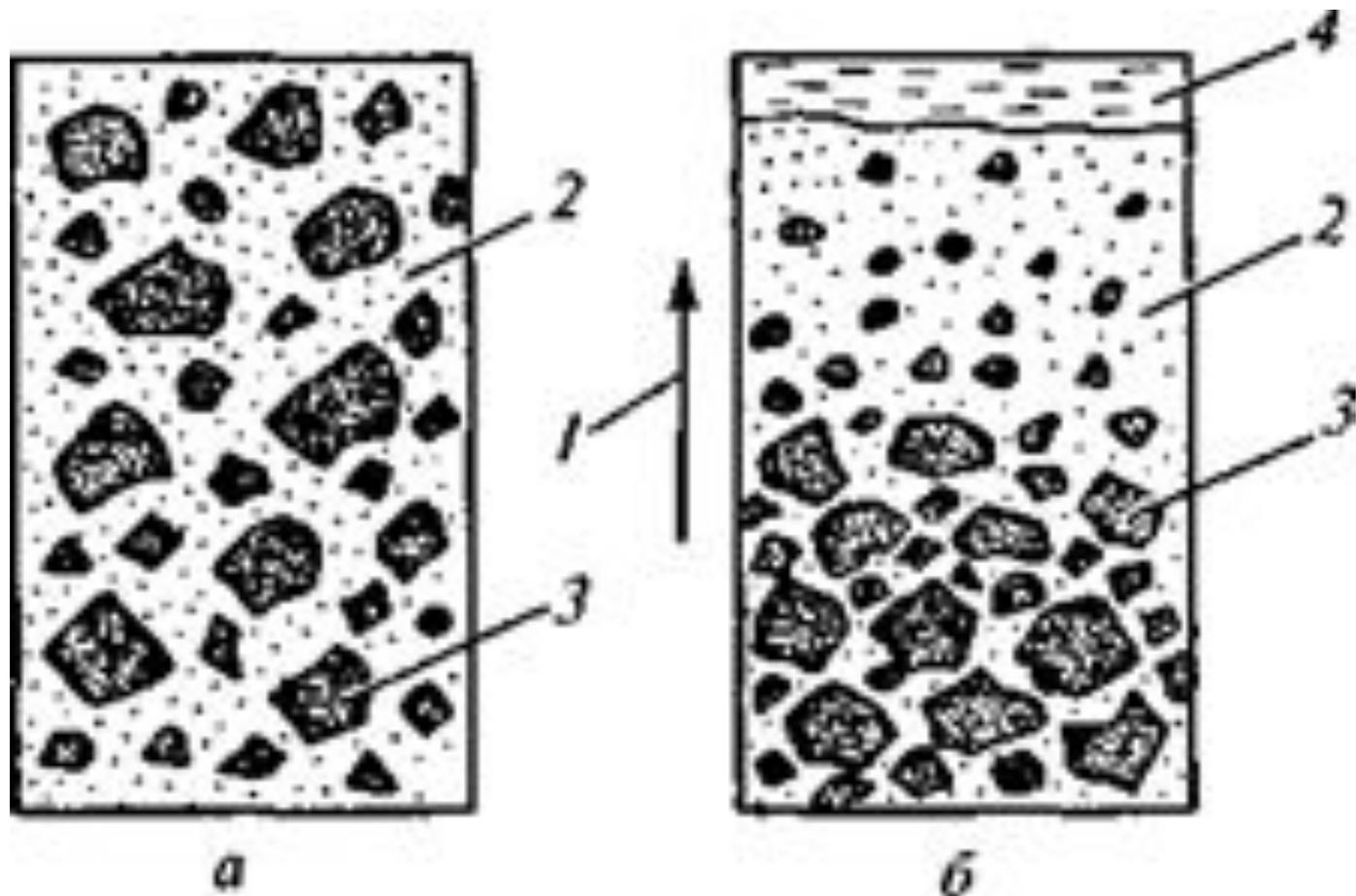


Схема расслоения бетонной смеси при длительных вибрационных воздействиях:
а — свежеприготовленная смесь; б — расслоившаяся смесь; 1 — направление движения воды; 2 — цементно-песчаный раствор; 3 — крупный заполнитель; 4 — вода

Соотношение между классами бетона по прочности на сжатие и марками

Класс бетона по прочности, МПа	Средняя прочность бетона \check{R} , кгс/см ²	Ближайшая марка бетона по прочности, М
1	2	3
Сжатие		
B3.5	45.8	M50
B5	65.5	M75
B7.5	98.2	M100
B10	131.0	M150
B12.5	163.7	M150
B15	196.5	M200
B20	261.9	M250
B22.5	294.7	M300
B25	327.4	M350

Марки стандартного тяжелого бетона по морозостойкости: F50; F75; F100; F150; F200; F300; F400; F500; F600; F800.

Марки стандартного тяжелого бетона по водонепроницаемости: W2; W4; W6; W8; W10; W12; W14; W16; W18; W20.

УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ БЕТОНА НА ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТЬ УВБ-МГ4, УВБ-МГ4.01



Для испытания бетонных образцов-цилиндров на водонепроницаемость по методу «мокрого пятна» и коэффициенту фильтрации в соответствии с ГОСТ 12730.5.



**Климатическая камера
для испытания
материалов и изделий,
подвергаемых
температурным
воздействиям, в т.ч. и
для испытания бетонов
на морозостойкость**

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КРУПНОМУ И МЕЛКОМУ ЗАПОЛНИТЕЛЮ

КРУПНЫЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ

1. Подбор вида крупного заполнителя
2. Крупный заполнитель следует применять в виде отдельно дозируемых фракций.

Наибольшая крупность заполнителя, мм	Содержание фракций в крупном заполнителе, %				
	от 5(3) до	св. 10 до	св. 20 до	св. 40 до	св. 80 до
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	30-40

3. Содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне и гравии для бетонов всех классов не должно превышать 1% по массе, содержание зерен пластинчатой и игловатой формы - не более 35%, содержание зерен слабых пород допускается от 5 до 15% в зависимости от класса бетона.

4. Марка щебня из природного камня должна соответствовать классу бетона

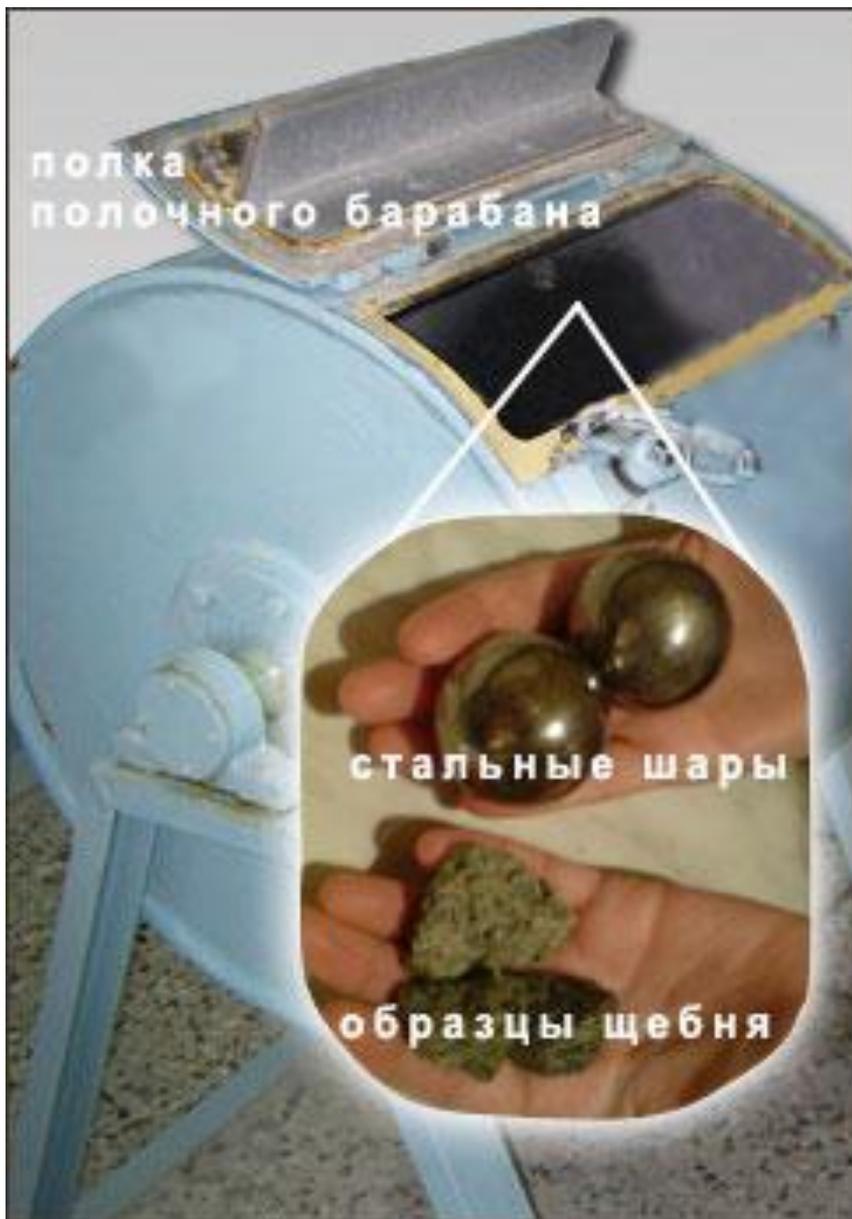
Марка щебня (кг/см ²), не ниже	Класс бетона (МПа)
300	B15
400	B20
600	B22,5
800	B25-B30
1000	B40
1200	B45 и выше

• Морозостойкость крупных заполнителей должна быть не ниже нормативной марки бетона по морозостойкости.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ЩЕБНЯ

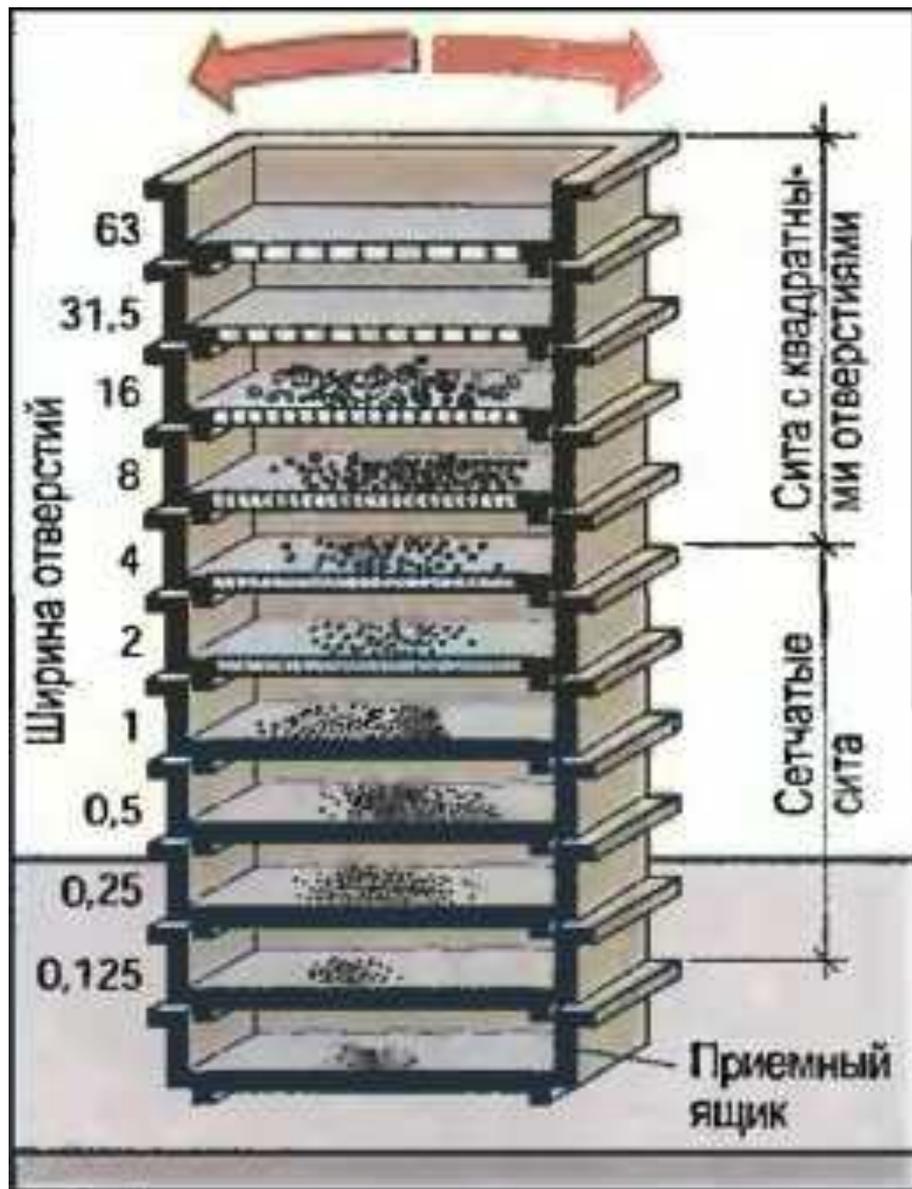






Истираемость или износ щебня определяются испытаниями с применением снабженного расположенной внутри специальной полкой полочного барабана. Согласно определенному таким образом проценту потерь в весе его относят к **марке по истираемости**: И1, И2, И3, И4 и И5 (в порядке уменьшения прочности). Этот параметр играет важную роль, когда щебень используется для строительства автодорог.

Гранулометрический состав



Требование к мелкому заполнителю

1. Вид мелкого заполнителя

2. Мелкий заполнитель выбирают по зерновому составу, содержанию пылевидных и глинистых частиц, органических примесей, петрографическому составу, радиационно-гигиенической характеристике.

3. Песок в зависимости от значений нормативных показателей качества подразделяют на два класса:

I класс – очень крупный, повышенной крупности, крупный, средний, мелкий;

II класс – очень крупный, повышенной крупности, крупный, средний, мелкий, очень мелкий, тонкий

4. В зависимости от зернового состава песок подразделяют на группы:

Группа песка	Модуль крупности M_k	Полный остаток на сите № 063, %, по массе
Очень крупный	Св. 3,5	Св. 75
Повышенной крупности	3,0 до 3,5	Св. 65 до 75
Крупный	2,5 до 3,0	Св. 45 до 65
Средний	2,0 до 2,5	Св. 30 до 45
Мелкий	1,5 до 2,0	Св. 10 до 30
Очень мелкий	1,0 до 1,5	До 10
Тонкий	0,7 до 1,0	Не нормируется
Очень тонкий	До 0,7	Не нормируется

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

Состав бетона – это количественное соотношение между всеми компонентами бетонной смеси – цементом, водой, добавками, заполнителями.

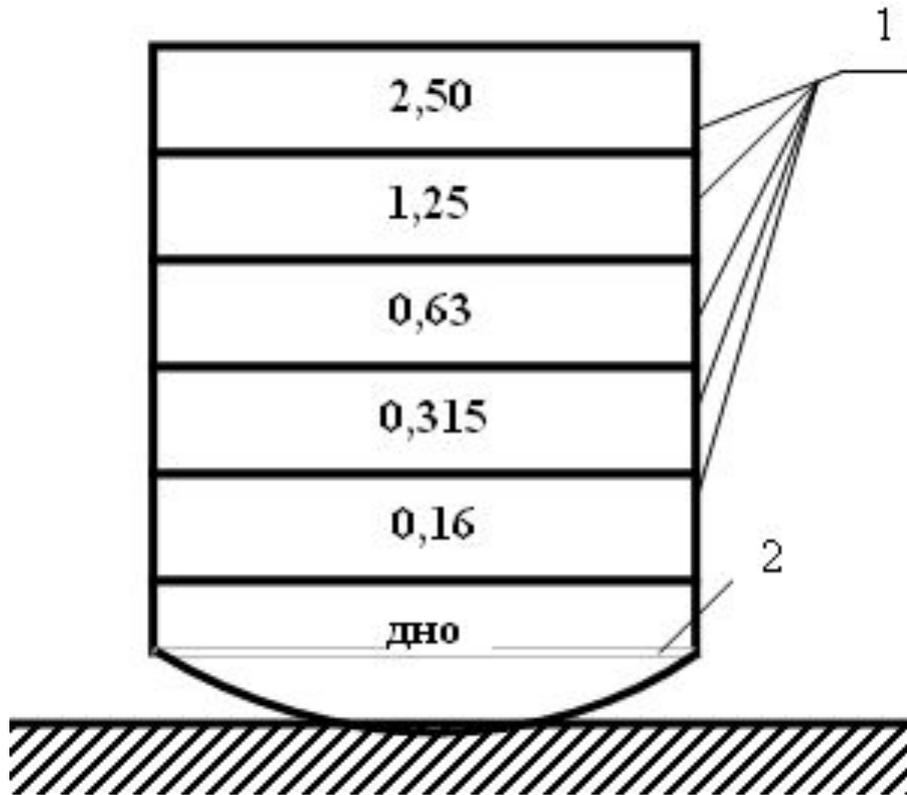
Нормативные характеристики:

- марка (R_b) или класс бетона (В) по прочности на сжатие, выбирается в зависимости от назначения бетона и условий эксплуатации бетона.

Технологические характеристики:

- показатель подвижности (осадка конуса, см);
- жесткость (сек).

Набор стандартных сит для определения зернового состава



1 Частный остаток на каждом сите к массе просеиваемой навески в процентах

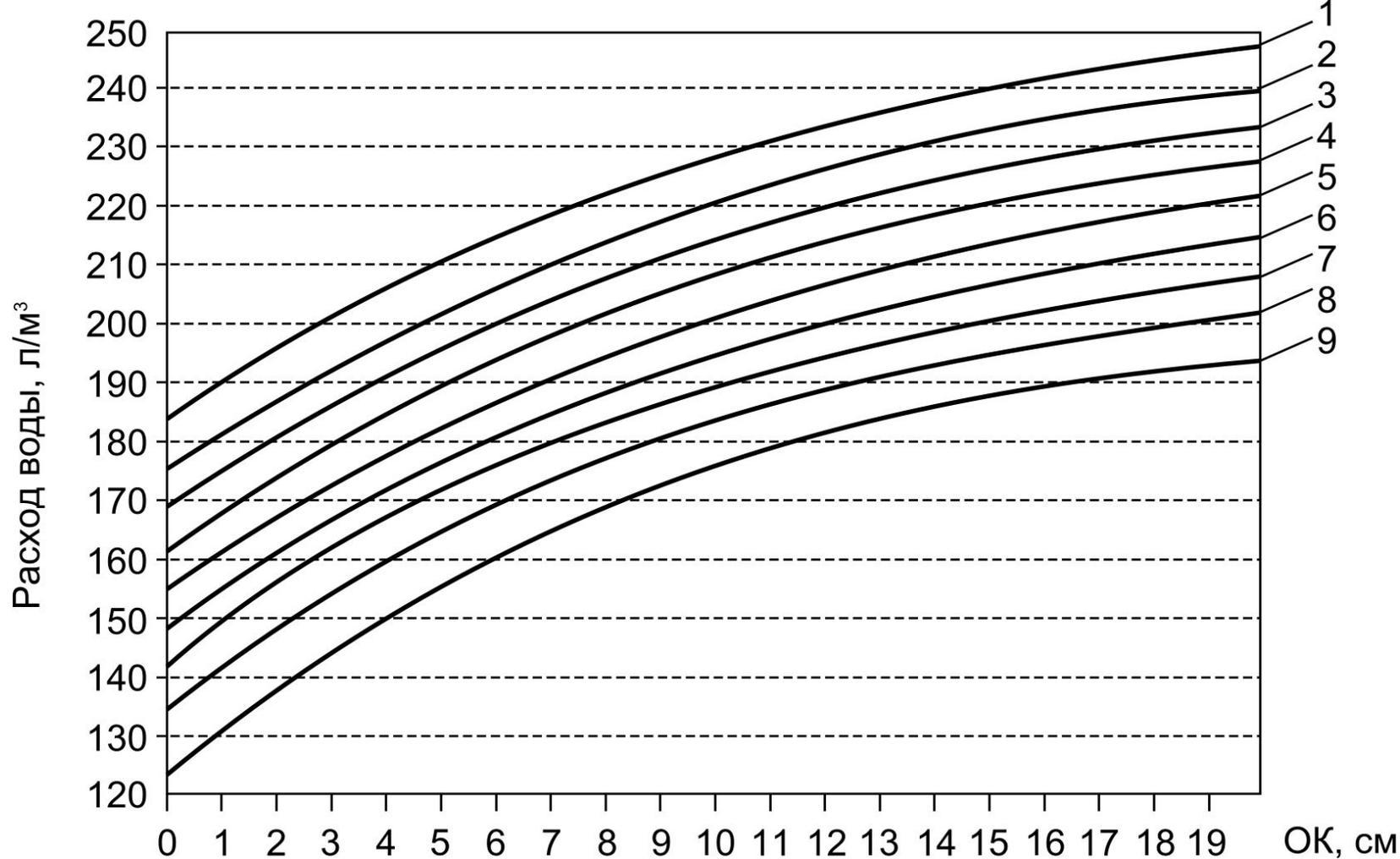
$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100,$$

Полный остаток на каждом сите определяют как сумму частных остатков на предыдущих ситах в процентах плюс остаток на заданном сите в процентах

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i$$

1 – сита с отверстиями 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм; 2 – поддон

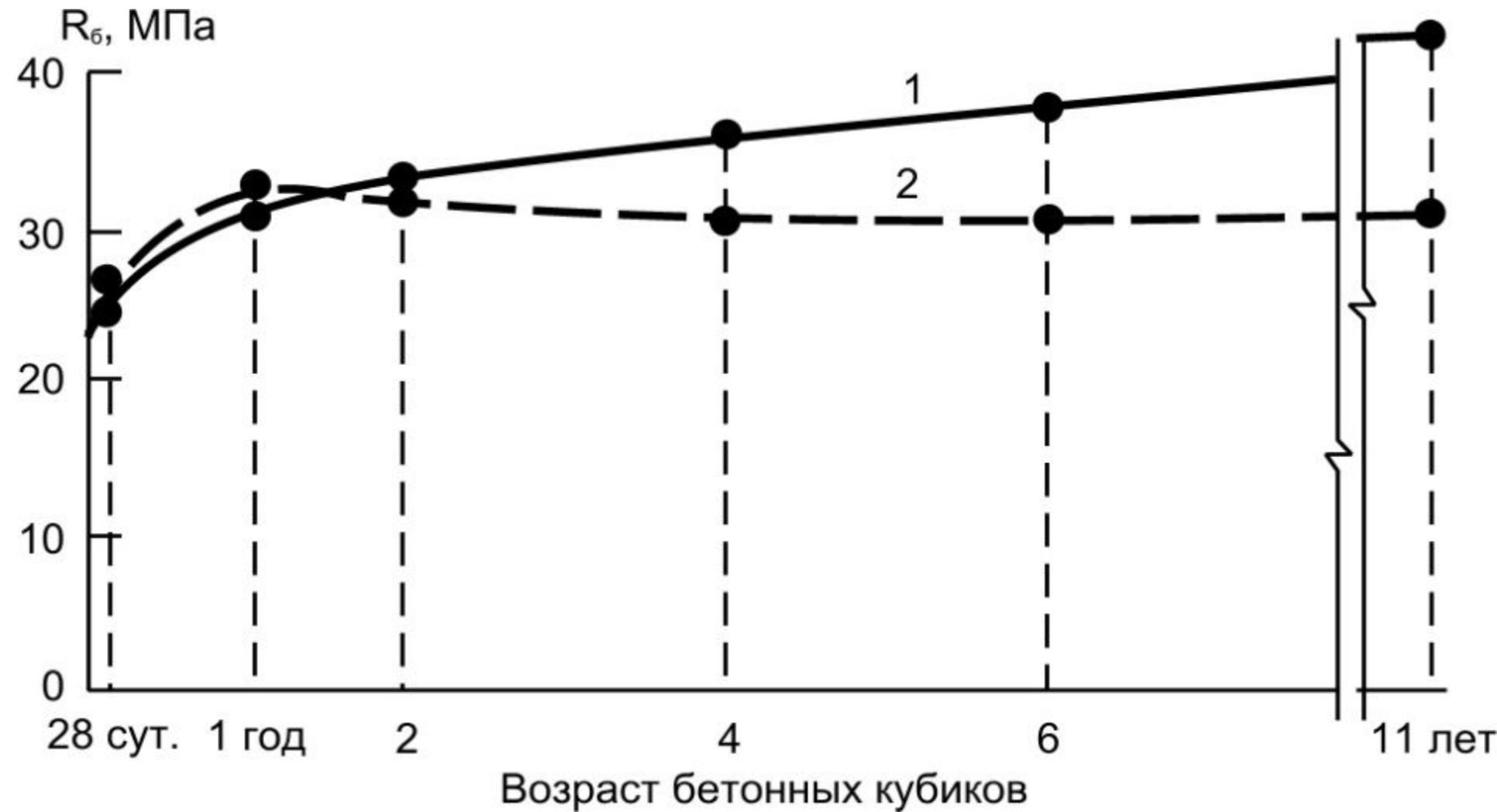
$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100},$$



Зависимость расхода воды на 1 м³ бетона от подвижности бетонных смесей

1 – песок Мк = 3;

2-9 – щебень гранитный крупностью 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80 и 150 мм



Наращение прочности бетона во времени во влажной (1) и сухой (2) средах

Характеристики исходных материалов

-активность ($R_{\text{ц}}$) или марка цемента, его вид;

-истинная и насыпная плотности цемента

($\rho_{\text{ц}}$, $\rho_{0\text{ц}}$), песка ($\rho_{\text{п}}$, $\rho_{0\text{п}}$), крупного заполнителя ($\rho_{\text{к}}$, $\rho_{0\text{к}}$)

-пустотность крупного заполнителя

определяемая по формуле:

$$V_k = 1 - \frac{\rho_{0k}}{\rho_k}$$

Расчет состава рационально подобранной бетонной смеси

- $R_{\text{б}} = A \cdot R_{\text{ц}} (\text{Ц/В} - 0,5)$ – для бетонов с $\text{Ц/В} < 2,5$
($\text{В/Ц} > 0,4$);
- $R_{\text{б}} = A_1 \cdot R_{\text{ц}} (\text{Ц/В} + 0,5)$ – для бетонов с $\text{Ц/В} > 2,5$
($\text{В/Ц} < 0,4$);

где $R_{\text{б}}$ – марка бетона; $R_{\text{ц}}$ – активность цемента; A, A_1 – коэффициенты качества заполнителей.

Способы влияния на физико-технические свойства бетона

1. Введение дополнительных компонентов

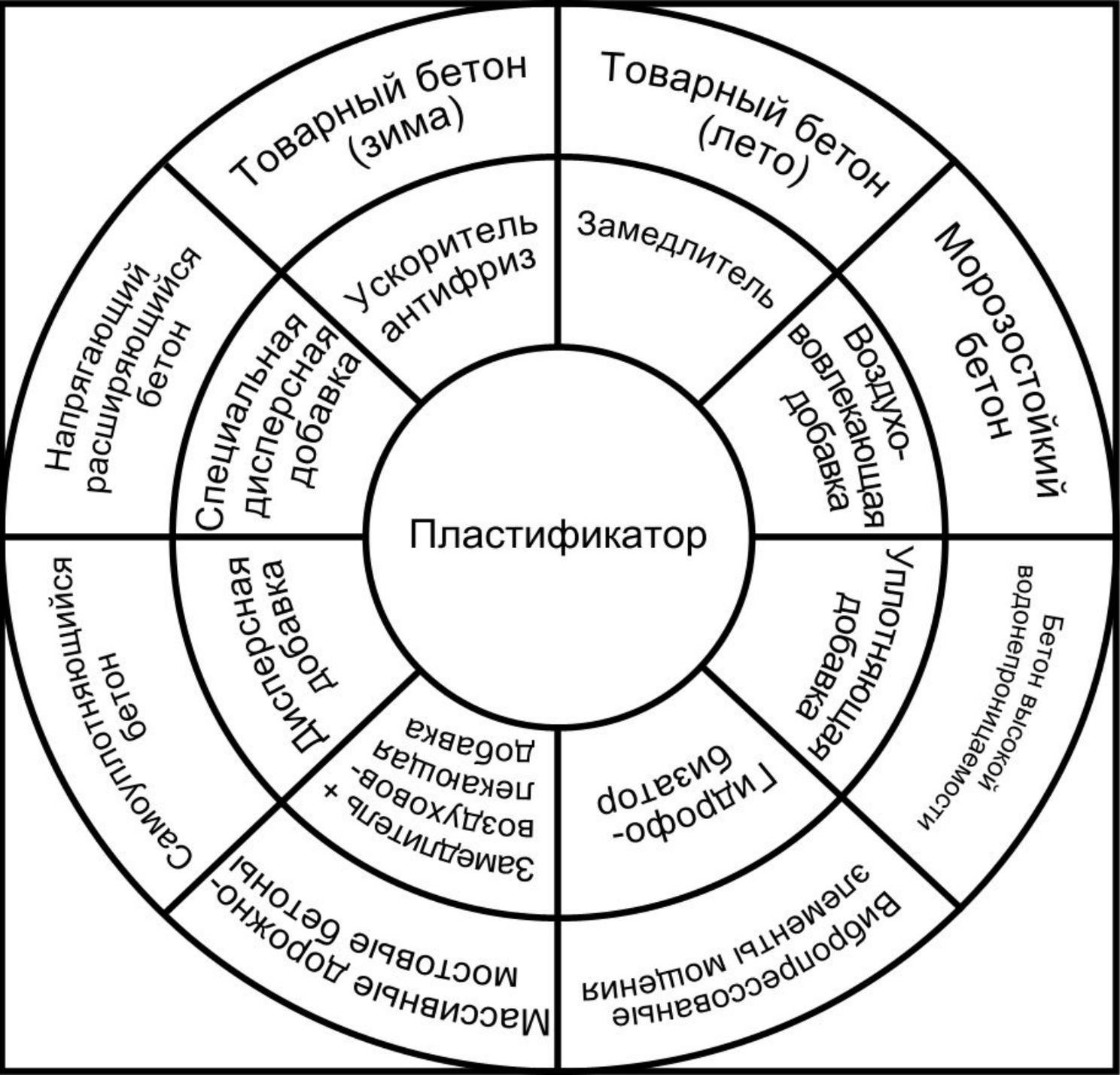
- Армирование**
- Химические добавки**
- Минеральные добавки**
- Нанодобавки**

2. Технологические

- виброуплотнение**
- прогрев**

Химические добавки

- Пластификаторы
- Суперпластификаторы
- Гиперпластификаторы
- Противоморозные добавки
- Гидроизоляционные
- Воздухововлекающие
- Замедлители схватывания
- Ускорители твердения
- Пигменты
- Армирующие добавки



Классификация пластификаторов бетонных смесей

Категория	Наименование	Эффективное пластифицирующее действие (увеличение ОК с 2...4 см), см	Уменьшение количества воды, %
I	Супер-пластификаторы	До 20 и более	не менее 20
II	Пластификаторы	14...19	не менее 10
III	Пластификаторы	9...13	не менее 5
IV	Пластификаторы	8 и менее	менее 5

Пластификаторы

Диспергаторы - стабилизаторы, образующие в результате адсорбции на поверхности раздела твердой и жидкой фаз структурированную пленку.

Назначение:

Снижение поверхностного натяжения воды на границе раздела фаз, коэффициента внутреннего трения цементно-водной суспензии, пептизация флокул цемента, сглаживание микрорельефа гидратирующих зерен цемента.

Сырье – отходы различных производств:

- продукт переработки сульфитноспиртовой барды (побочного продукта переработки древесины сульфитным способом),
 - технические лигносульфонаты,
- мелассная упаренная последрожжевая барда, (отход производства кормовых дрожжей),
- щелочной сток производства капролактама и .т.д.

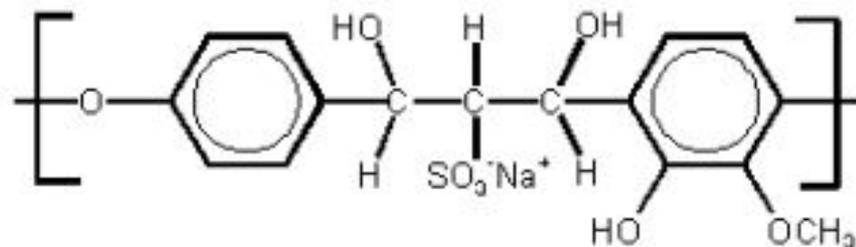
Суперпластификаторы

По составу СП разделяются на следующие группы:

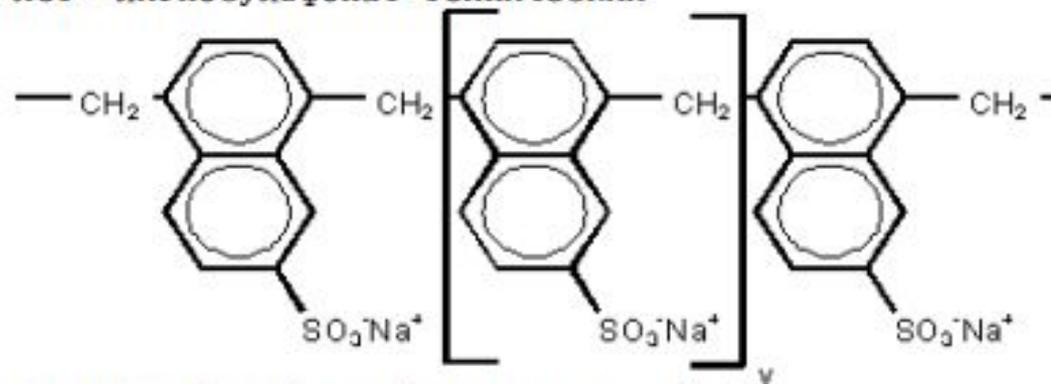
- на основе сульфированных нафталин формальдегидных поликонденсатов (SNF);
- на основе сульфированных меламина формальдегидных поликонденсатов (SMF);
- на основе очищенных от сахара модифицированных лигносульфонатов (MLS);
- на основе поликарбоксилатов и полиакрилатов (P).

Механизм : молекулы СП снижают поверхностное натяжение на границе раздела фаз «жидкость–твердое тело»;

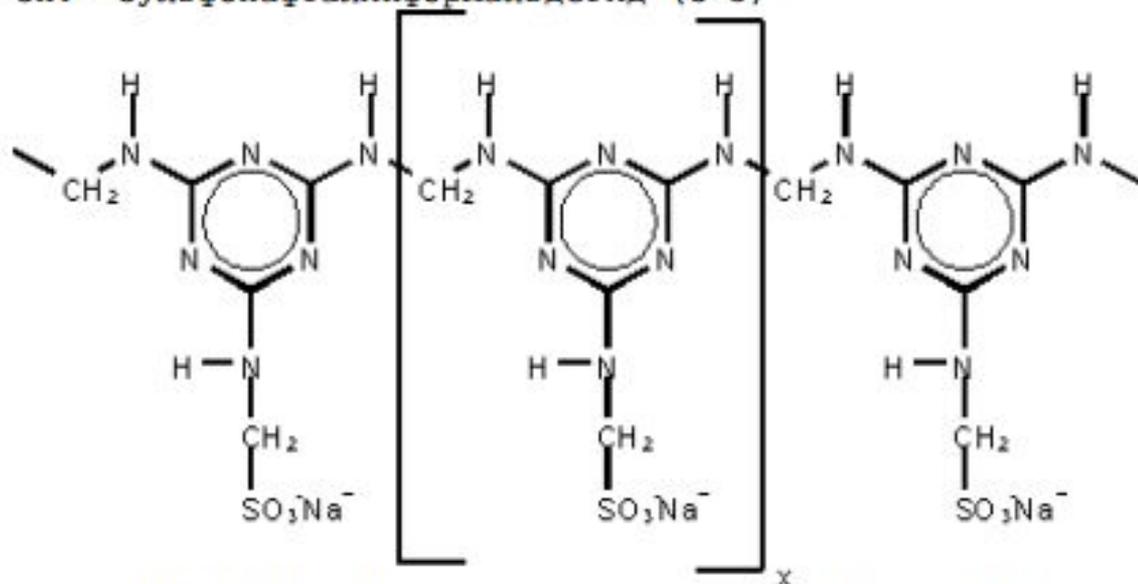
+ СП:
молекулы СП обладают повышенным диспергирующим эффектом;



ЛСТ - лигносульфонат технический



СНФ - Сульфонафталинформальдегид (С-3)



СМФ - Сульфомеламинформальдегид (Melment® F10)

Суперпластификаторы (торговые марки)

Суперпластификатор С-3

Один из первых отечественных суперпластификаторов на основе продукта конденсации нафталинсульфоокислоты и формальдегида

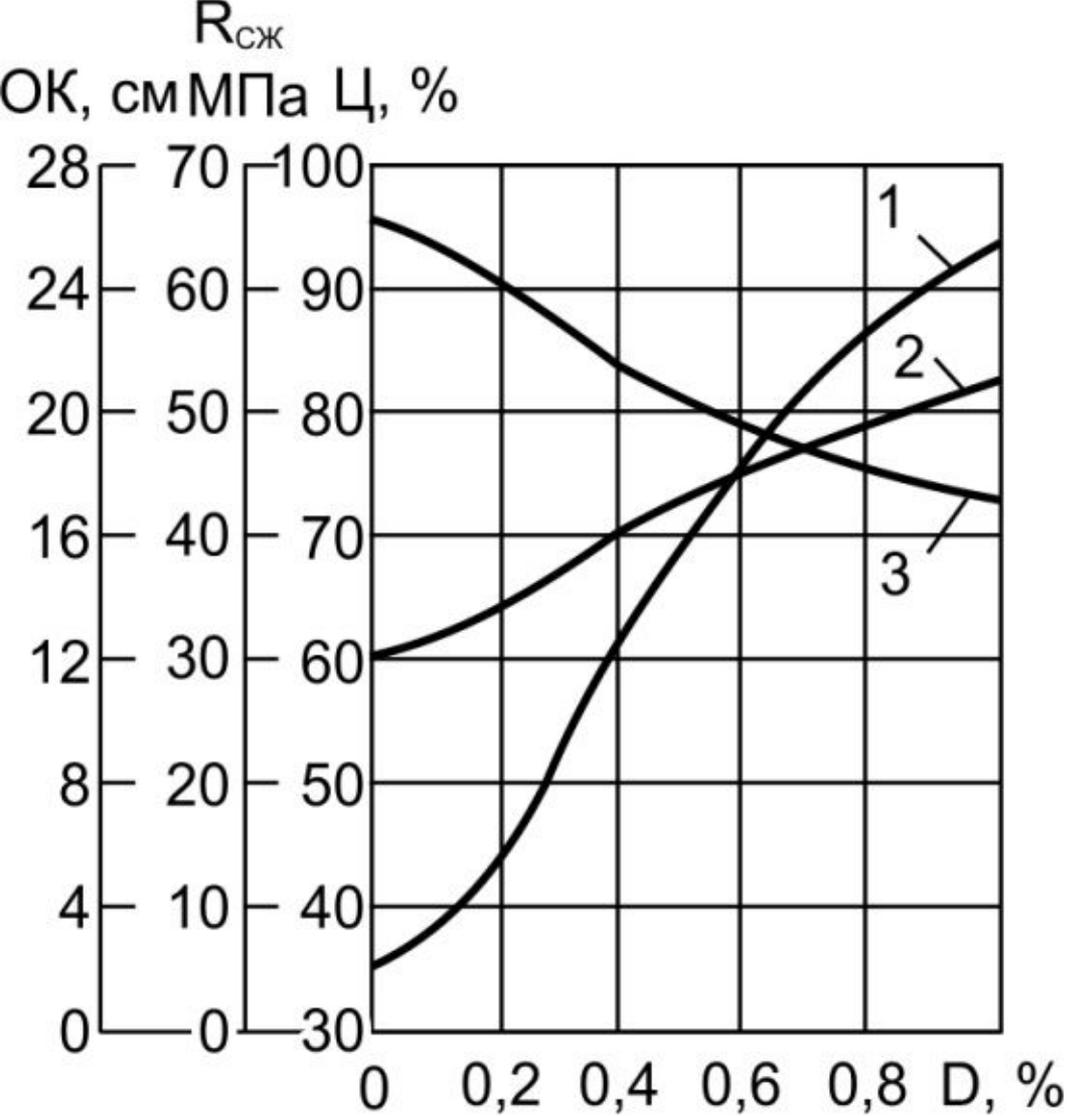
«Динамикс» Пластифицирующая добавка « Динамикс» является комплексным продуктом, состоящим из натриевых солей полиметиленафталинсульфоокислот с добавлением комплекса на основе лингосульфонов.

ДИСПЕРГАТОР НФ – продукт, получаемый сульфированием нафталена серной кислотой с последующей конденсацией с формальдегидом и нейтрализацией едким натром.

ПОЛИПЛАСТ СП-1ВП (ТУ 5870-005-58042865-05) – добавка, относящаяся к пластифицирующему-водоредуцирующему виду – суперпластификаторам. Представляет собой смесь натриевых солей полиметиленафталинсульфоокислот различной молекулярной массы с добавлением воздухоподавляющего компонента.

Классификация суперпластификаторов

Обозначения	Состав СП	Механизм действия
НФ	На основе сульфированных нафталинформальдегидных поликонденсатов	Электро-статический
МФ	На основе сульфированных меламиноформальдегидных поликонденсатов	Электро-статический
ЛСТ	На основе очищенных от сахаров лигносульфонатов	Электро-статический
П	На основе поликарбоксилатов и полиакрилатов	Стерический



Влияние содержания суперпластификатора на свойства бетона и бетонной смеси (по Ю.М. Баженову):

1 – изменение подвижности смеси при введении суперпластификатора и постоянных расходах цемента и воды; 2 – повышение прочности бетона при постоянной подвижности смеси и расходе цемента за счет сокращения расхода воды;

3 – уменьшение расхода цемента в равнопрочных бетонах при одинаковой подвижности бетонной смеси

Основные виды суперпластификаторов для приготовления бетонных смесей

Наименование	Условное обозначение	Дозировка, % от массы цемента
Сульфированные меламино-формальдегидные смолы	10-03	0,3-0,9
	МФАС	0,3-0,9
	С-3	0,4-1,0
	MELMENT	1,0-2,5
Сульфированные нафталин – формальдегидные смолы	Полипласт СП-1	0,4-0,8
	Полипласт СП-3	0,4-0,8
	Полипласт СП-1ВП	0,4-0,8
	STANEMENT N	0,4-1,0
	STANEMENT NN	0,4-0,8
	30-03	0,4-0,8
Модифицированные лигносульфонаты	40-03	0,4-0,8
	МЛС	0,4-0,9
	МТС-1	0,3-0,6
	НИЛ-20	0,4-0,6
	ХДСК-1	0,1-0,5
	МЛС	0,3-0,35
	КОД-С	0,2-0,3
	BETOFLUID	0,3-0,5
	STACHEPLAST	0,3-0,5

**Ориентировочные величины снижения расхода цемента
в бетонах различных марок при использовании суперпластификатора С-3**

Марка	ОК, см	Снижение расхода цемента (%) при введении С-3 в количестве, %		
		0,4	0,8	1,2
М-200	2-4	2-3	3-5	5-7
	4-5	3-4	5-7	7-9
	12-14	4-6	7-9	10-12
	22-24	6-8	10-12	12-15
	2-4	3-5	4-6	6-8
М-300	4-5	4-6	8-10	10-12
	12-14	5-7	10-12	12-15
	22-24	12-15	18-20	20-22
	2-4	6-8	8-10	10-12
М-400	4-5	8-10	10-12	12-15
	12-14	10-12	12-14	15-18
	22-24	12-15	18-20	20-25
	2-4	10-15	16-18	18-20
М-500	4-5	12-15	18-20	20-22
	12-14	15-18	20-22	22-25
М-600	2-4	12-14	18-20	20-22
	4-5	14-16	20-22	22-25

Гиперпластификаторы

По строению они представляют собой привитые сополимеры.

Механизм: взаимное отталкивание частиц и стабилизация суспензии за счет стерического эффекта.

Для ГП характерно наличие поперечных связей и двух- или трехмерная форма. Поперечные звенья создают объемную защитную оболочку вокруг частиц твердой фазы, предотвращая слипание частиц и способствуя их взаимному отталкиванию.

ГП отличаются от СП более сильным пластифицирующим эффектом (снижение водопотребности более чем на 30%)

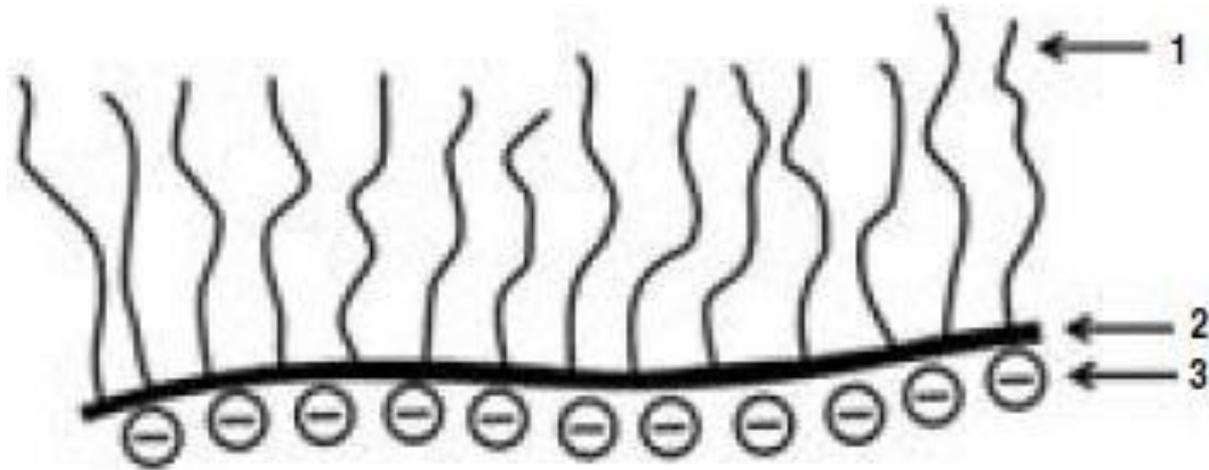


Рис. 1. Структура эфиров поликарбоксилатов

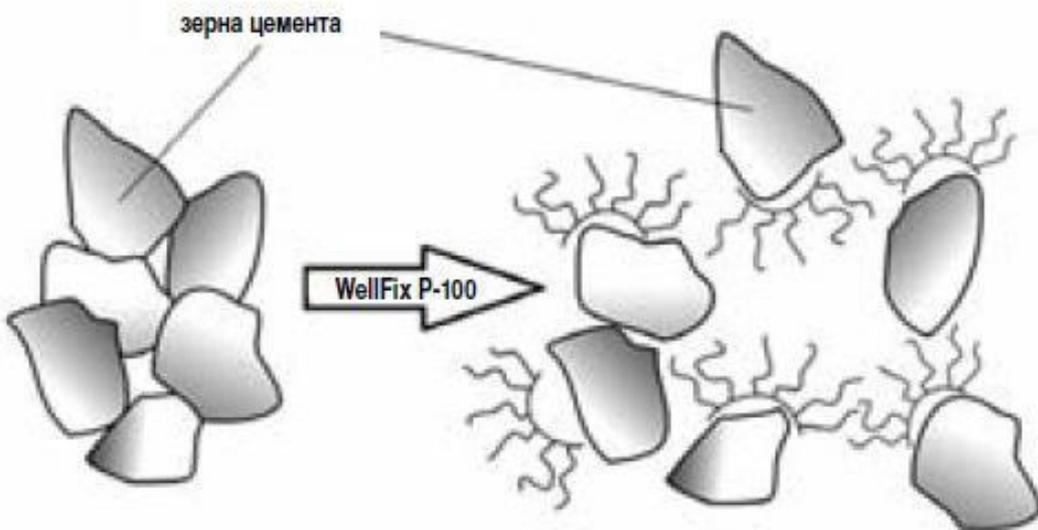


Рис. 2. Схематическое изображение процесса диспергирования

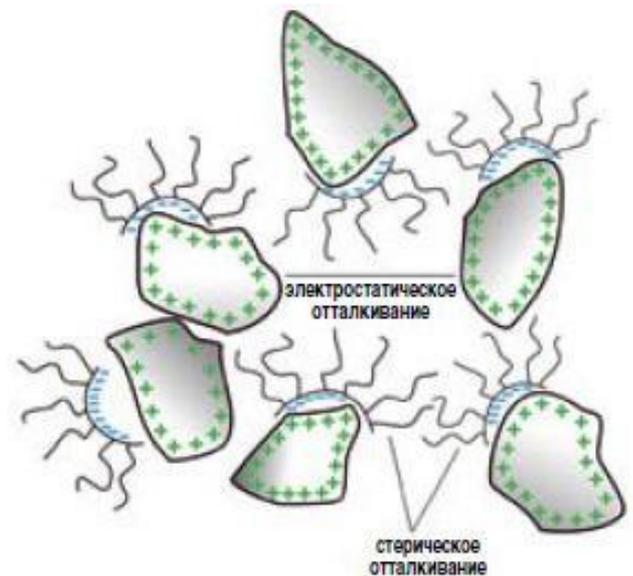
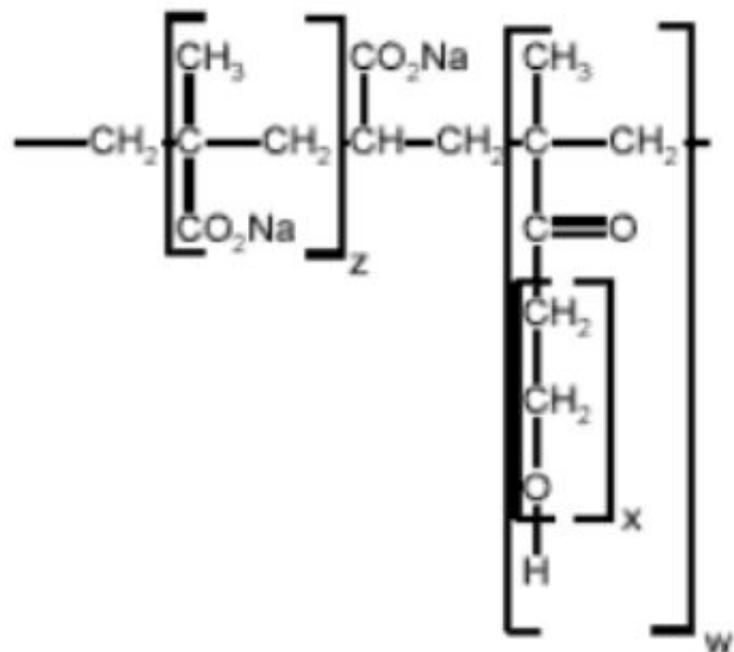
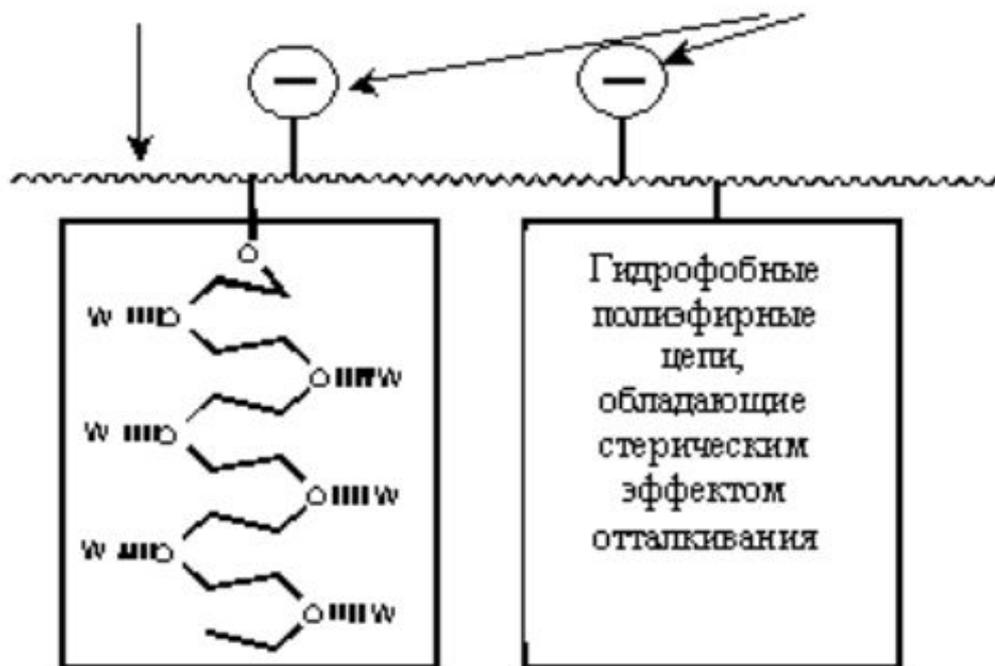


Рис. 3. Диспергирование (разжижение) вследствие стерического и электростатического отталкиваний



Поликарбоксилатная цепь

Анионы



Поликарбоксилат Melflux®

Гиперпластификаторы (торговые марки)

MELFLUX 1641 F – порошок, полученный методом распылительной сушки на основе модифицированного полиэфиркарбоната. Используется как высокоэффективный диспергатор, обладает сильным водоредуцирующим эффектом, снижает усадку бетона и раствора. Дозировка: 0,05–0,5% от массы вяжущего.

MELFLUX 2641 F – порошок, полученный методом распылительной сушки на основе модифицированного полиэфиркарбоната. Высокоэффективный диспергатор, снижает усадку, эффективен в широком диапазоне температур, обеспечивает высокую раннюю прочность, в отличие от Melflux 1641 F меньше замедляет схватывание смеси. Дозировка: 0,05–0,5% от массы вяжущего.

GLENIUM® 116 / MASTERGLENIUM® 116

Высокоэффективная
высоководоредуцирующая/суперпластифицирующая добавка на основе поликарбонатного эфира.

Противоморозные добавки

Химические соединения, понижающие температуру замерзания воды и не препятствующие процессу взаимодействия цемента с водой.

Введение противоморозных добавок в 1,2–1,4 раза экономичнее, чем способ паропрогрева и бетонирования с предшествующим ограждением сооружения и его утеплением изнутри и в 1,3–1,5 раза экономичнее электропрогрева и электрообогрева.

ПОТАШ, (калий углекислый, карбонат калия) (П) – соль с сильно выраженными щелочными свойствами, выпускается в виде кристаллического порошка белого цвета. Максимальная концентрация раствора с учетом влажности заполнителя не должна превышать 30%.

ХЛОРИСТЫЙ НАТРИЙ (ХН) – кристаллический порошок белого цвета, растворимый в воде; должен храниться в условиях исключающих увлажнение.

- СУЛЬФАТ НАТРИЯ (СН) -- поставляется в виде декагидрата, но может выпускаться в виде безводной соли – кристаллов белого цвета с желтым оттенком, трудно и ограниченно растворимых в воде.

Количество противоморозных химических добавок к кладочным
растворам, % от массы цемента в растворе

Противоморозные добавки	Среднесуточ- ная темпера- тура наружно- го воздуха, °С	Количество противомо- розной до- бавки, % массы це- мента	Ожидаемая прочность рас- твора, % от марки при твер- дении на морозе, сут		
			7	28	90
1	2	3	4	5	6
1. Нитрит натрия (НН)	От 0 до -2	2 - 3	15	50	70
	„ -3 „ -5	4 - 5	10	40	55
	„ -6 „ -15	8 - 10	5	30	40
2. Поташ (П)	До -5	5	25	60	80
	От -6 до -15	10	20	50	65
	„ -16 „ -30	12	10	35	50
3. Нитрит натрия + по- таш (НН + П)	„ 0 „ -2	1,5 + 1,5	25	60	80
	„ -3 „ -5	2,5 + 2,5	20	55	75
	„ -6 „ -15	5 + 5	15	40	60
	„ -16 „ -30	6 + 6	5	35	45
4. Комплексная добавка (НКМ)	„ 0 „ -2	2 - 3	15	50	70
	„ -3 „ -5	4 - 5	10	30	50
	„ -6 „ -20	8 - 10	3	20	30
5. Комплексная (НК + ПАЩ-1), (НН + ПАЩ-1)	„ 0 „ -5	2	15	50	70
	„ -6 „ -15	5 - 6	10	30	50
6. Хлорид натрия + хлорид кальция (ХН + ХК)	„ 0 „ -5	2 + 0,5	30	80	100
	„ -6 „ -15	4 + 2	15	35	50
7. ННХК + М (готовый продукт + мочевины)	„ -3 „ -5	5	30	55	85
	„ -6 „ -15	10	20	40	50
	„ -16 „ -30	12	5	20	30

Уплотняющие добавки

Применяют тонкомолотые и тонкодисперсные минеральные добавки из сырьевых материалов, обладающих гидравлической активностью: доменные гранулированные шлаки, золы и шлаки ТЭС, кремнеземистая опоковидная порода, трепел, различные виды ПАВ.

Механизм: Интенсификация процессов гидратации цементных минералов с увеличением объема гелеобразных масс, которые закупоривают капиллярные и седиментационные поры и каналы.

НИТРАТ ЖЕЛЕЗА –НЖ

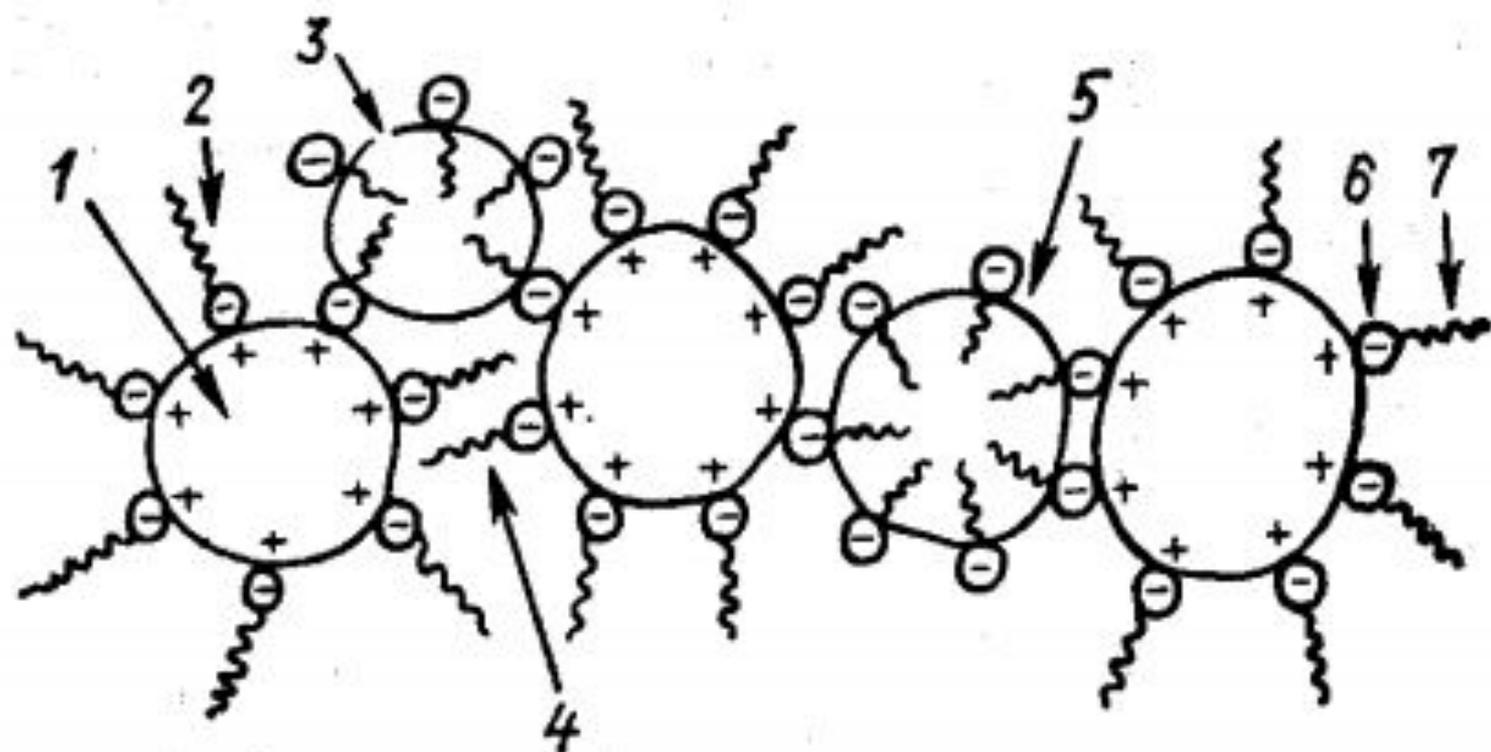
СУЛЬФАТ АММОНИЯ- СА производится в безводном виде и в виде гидрата. Бесцветные кристаллы, хорошо растворимые в воде, малотоксичны.

СУЛЬФАТ АЛЮМИНИЯ- СА

Воздухововлекающие

Механизм: При введении добавок этой группы в состав бетонной смеси с водой затворения происходит вовлечение в бетонную смесь при ее перемешивании значительного количества воздуха, который, равномерно распределяясь в бетонной смеси, создает систему замкнутых воздушных пузырьков, тем самым увеличивают объем цементного теста, что приводит к увеличению пластичности бетонной смеси.

ВВД представляют собой длинноцепочечные молекулы с полярными группами на одном конце и неполярными на другом. Они концентрируются на поверхности раздела фаз воздух–жидкость с полярными группами в жидкости, а неполярными частями вне ее. Внутри поверхность пузырьков воздуха, таким образом, состоит из гидрофобного материала, образованного неполярными частями молекул, которые действуют как барьер проникновению в них воды и обеспечивают стабильность при перемешивании смеси и укладке.



Действие гидрофобизирующей воздухововлекающей добавки:

1 — частица цемента; 2 — молекула добавки; 3 — пузырек вовлеченного воздуха; 4 — зона уменьшения действия двойного слоя неполярными цепями молекул добавки; 5 — зона увеличения флокуляции за счет склеивания воздушного пузырька и твердой частицы; 6 — аннионная группа; 7 — неполярный радикал

Воздухововлекающие

По химической природе ВВД подразделяются на следующие группы:

- 1 – соли, получаемые переработкой древесной смолы;
- 2 – соли лигносульфоновых кислот;
- 3 – соли нефтяных кислот;
- 4 – соли, полученные переработкой протеинов;
- 5 – соли органических сульфокислот;
- 6 – синтетические моющие вещества.

Пластифицирующе-воздухововлекающие добавки особенно сильно воздействуют при виброуплотнении бетонных смесей, увеличивая их подвижность на 15–30%.

Виды: Нафтеновые кислоты, синтетические жирные кислоты и их соли.

Замедлители схватывания и твердения

В принципе все добавки поверхностно-активных веществ, вводимые в бетонную или растворную смесь в повышенных дозировках, наряду с пластификацией смесей приводят к замедлению их схватывания и снижению прочности бетона в первые часы и сутки твердения.

Механизм:

Образованием адсорбционных пленок или оболочек из молекул ПАВ на поверхности частиц цемента, затрудняющих к ним доступ воды для нормальной гидратации. В результате происходит замедление процесса формирования структуры цементного камня и соответственно кинетики набора прочности бетона.

ЛИГНОСУЛЬФОНАТ ТЕХНИЧЕСКИЙ (ЛСТ) в дозировках более 0,3% от массы цемента обладает свойством замедлителя схватывания цемента и твердения бетона;

НИТРОЛТРИМЕТИЛФОСФОНОВАЯ КИСЛОТА (ТНФ), белый кристаллический порошок, хорошо растворимый в воде. Применяется в количествах 0,02-0,15% от массы цемента с водой затворения. При передозировке добавки наблюдается снижение прочности раствора и бетона.

Кинетика изменения пластической прочности цементного теста нормальной густоты

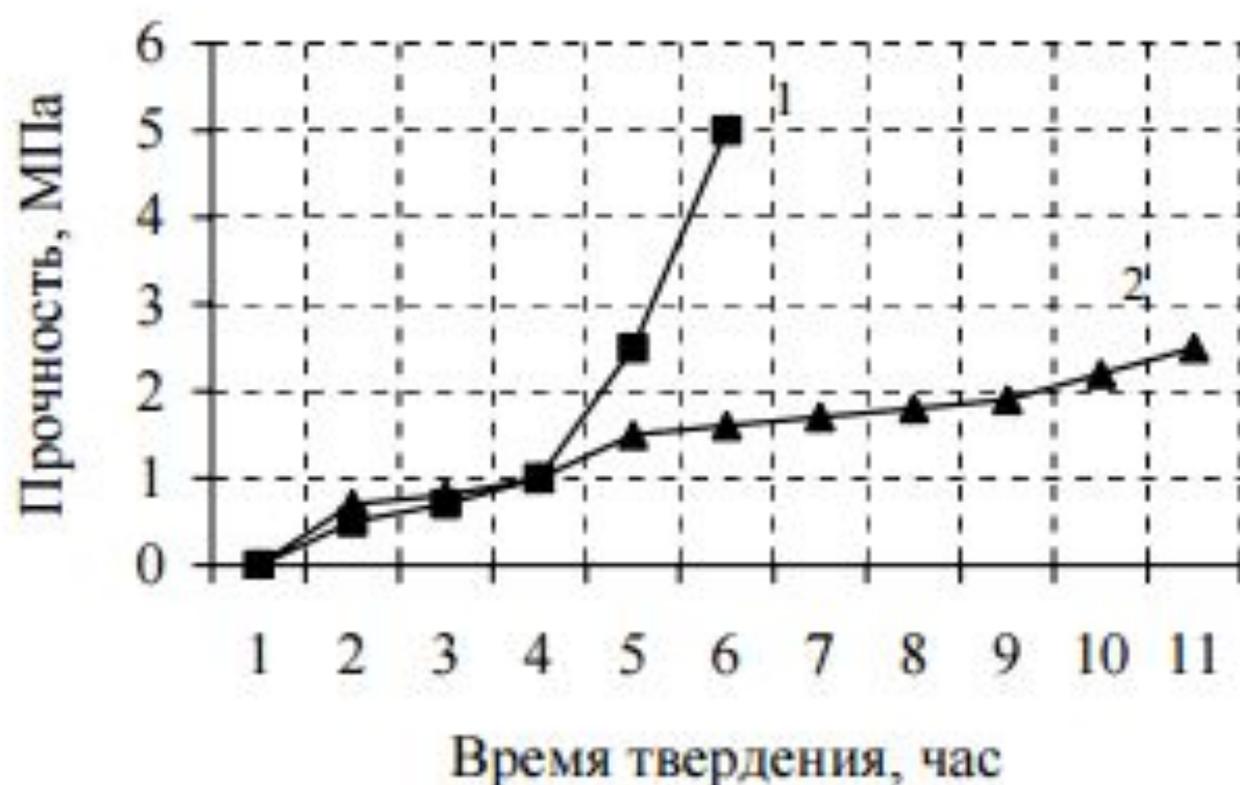
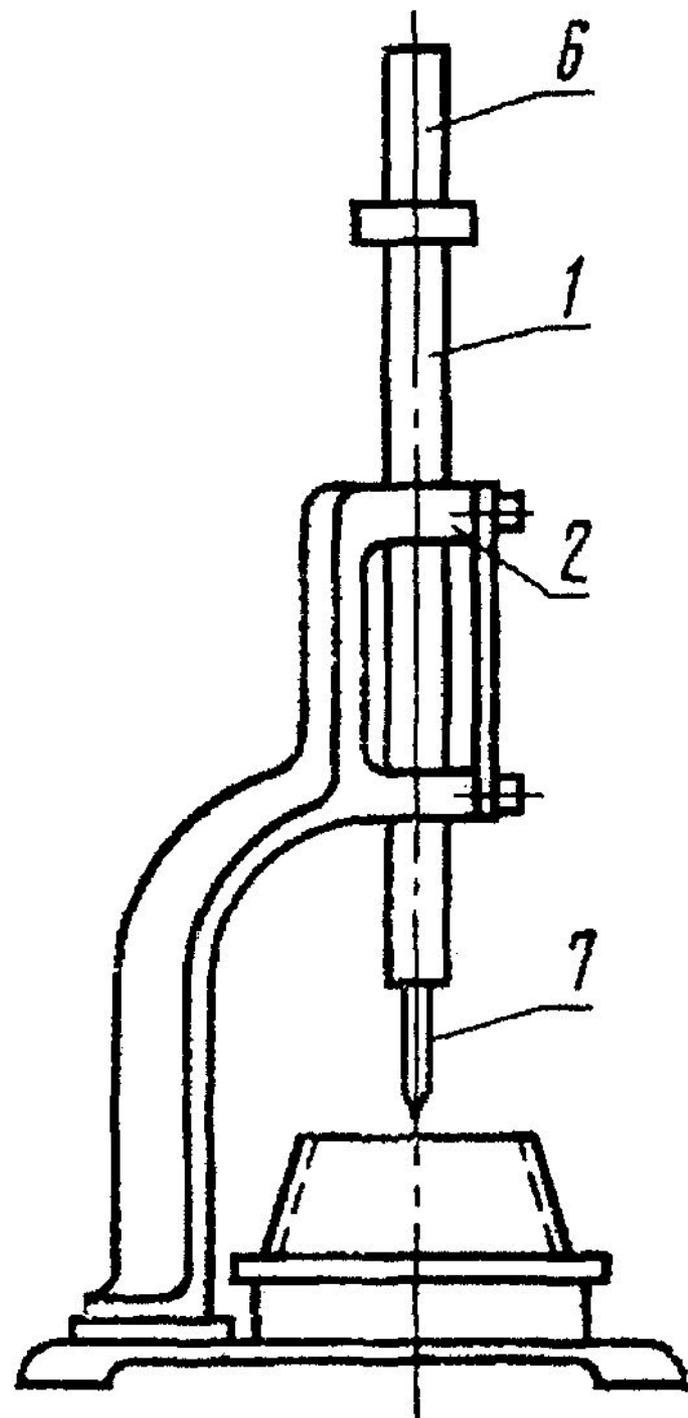
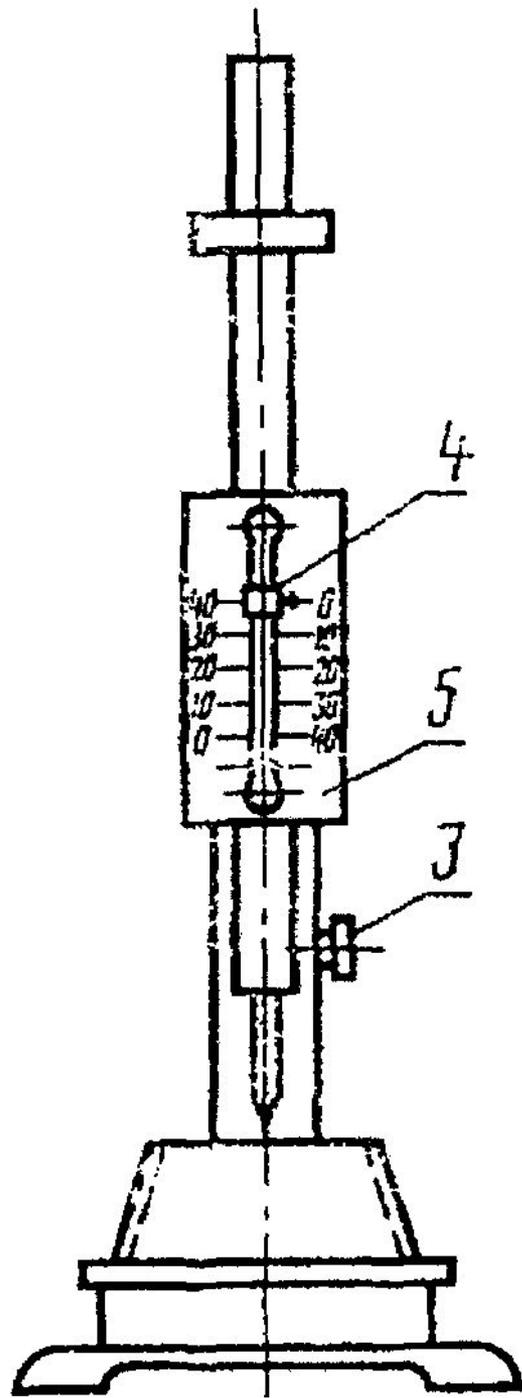
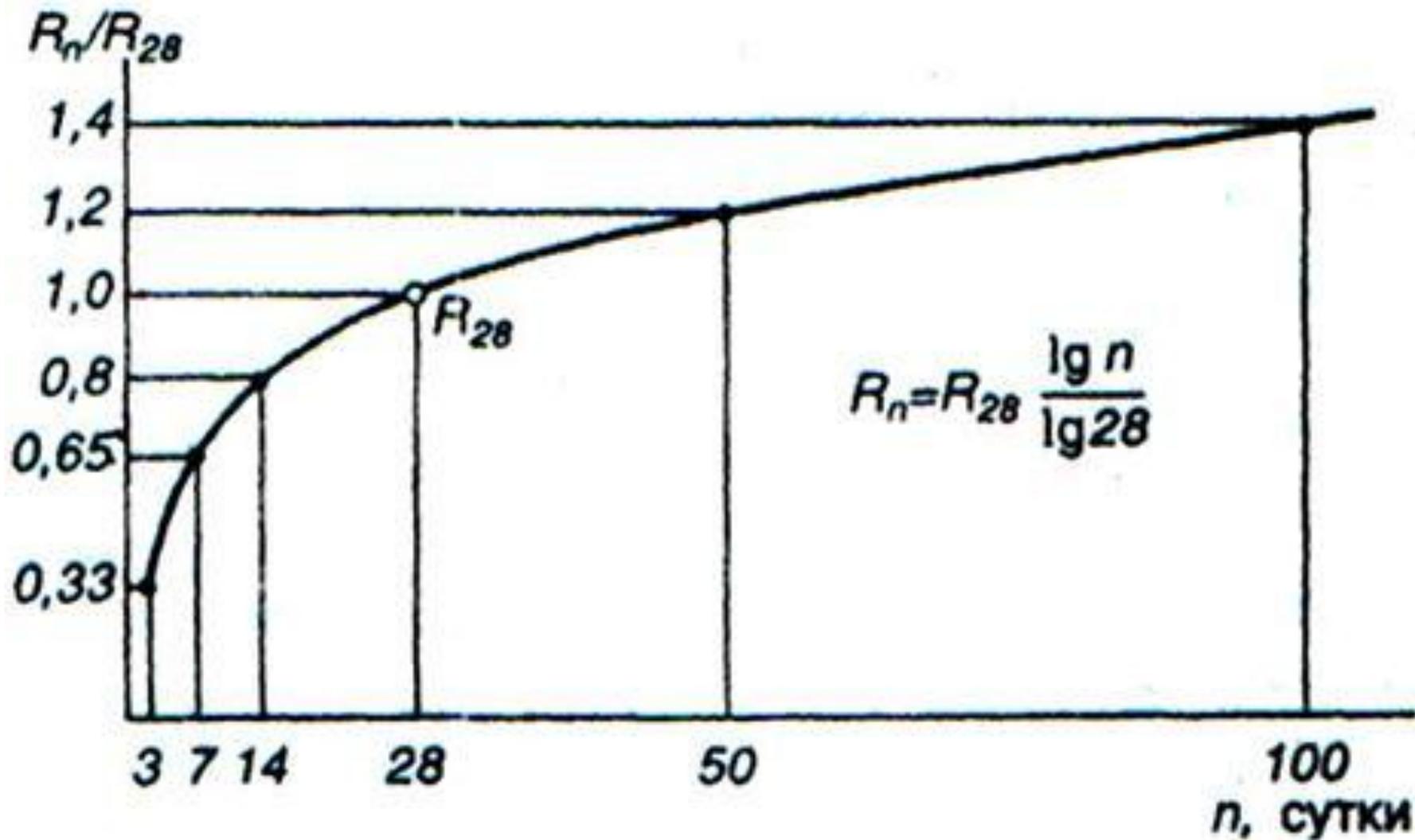


Рис.3.1:

1-эталон; 2- ЛСТ, 0,5%





Изменение прочности бетона во времени

Ускорители твердения

Основное влияние:

- ускорение процессов гидратации,
- сокращение начала и конца схватывания,
- значительный рост прочности в ранние сроки твердения при нормальной и повышенной температурах.

Механизм: гидролиз минералов портландцемента приводит к повышению содержания в жидкой фазе ионов кальция и гидроксида, что приводит к пересыщению системы этими ионами и ускоряют коагуляционное, а затем кристаллизационное структурообразование гидратных новообразований.

Ускорители твердения (торговые марки)

Наиболее распространенные виды ускорителей твердения бетона

Наименование добавок	Обозначение	Стандарт на добавку	Дозировка, %
Сульфат натрия	СН	ГОСТ 6318-68* ТУ 38-1-3-9-69	1-2
Нитрат натрия	НН ₁	ГОСТ 828-68*	1-3
Хлорид кальция	ХК	ГОСТ 450-70	1-5
Нитрат кальция	НК	ГОСТ 4142-66	1-3
Нитрит-нитрат-сульфат натрия	ННСН	ТУ 38-10274-74	1-3
Нитрит-нитрат-хлорид кальция	ННХК	ТУ 6-18-157-73	1-3

Минеральные добавки

Наиболее известными являются классификации МД на инертные (молотый кварцевый песок) и активные.

При этом активные подразделяются на пуццолановые (микрокремнезем) и гидравлические (шлаки). Инертными принято называть МД, не образующие в цементной композиции соединения, обладающие вяжущими свойствами. Активными называются МД, образующие такие соединения.

Пуццолановые МД, не имеющие в своем составе СаО, самостоятельно при затворении водой не образуют материалов с вяжущими свойствами.

Лишь при взаимодействии с портландцементом, когда появляется СаО при гидратации С3S и β-С2S, они дают дополнительные соединения с вяжущими свойствами.

Гидравлические МД обладают собственным запасом СаО, который, вместе с СаО, образующимся при гидратации минералов цементного клинкера при затворении водой, участвует в образовании в цементном тесте .

Минеральные добавки

В зависимости от удельной поверхности МД подразделяются на следующие группы:

- низкой дисперсности – 30–200 м²/кг;
- средней дисперсности – 200–500 м²/кг;
- высокой дисперсности – 500–1500 м²/кг;
- ультрадисперсности – 1500–6000 м²/кг;
- нанодисперсности – 10000–100000 м²/кг.

Дисперсность

Дисперсность — физическая величина, характеризующая размер взвешенных частиц в дисперсных системах. Это величина, показывающая какое число частиц можно уложить вплотную в одном кубическом метре. Чем меньше размер частиц, тем больше дисперсность

$$S_{\text{уд.}} = \frac{S}{m} \qquad S_{\text{уд.}} = \frac{S}{V}$$

S – суммарная площадь (м^2) поверхности частиц дисперсной фазы

m – общая масса (кг) этих частиц

V – общий объем (м^3) этих частиц

Армирование

- Арматура;
- Полипропиленовая фибра;
- Базальтовая фибра;
- Стекловолокно;
- Металлическая сетка;
- Металлическая фибра.

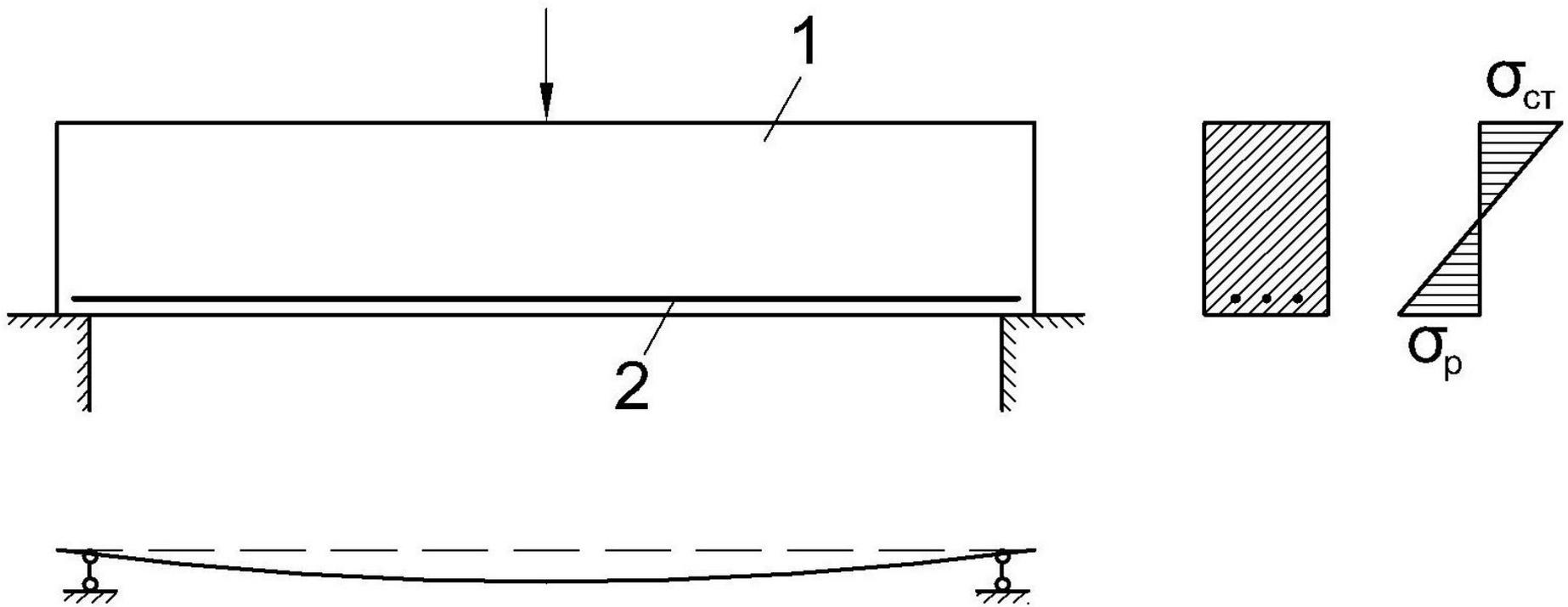


Схема работы арматуры в железобетонном элементе:
1 – бетонный элемент; 2 – арматурный стержень

Полипропиленовая фибра



Базальтовая фибра



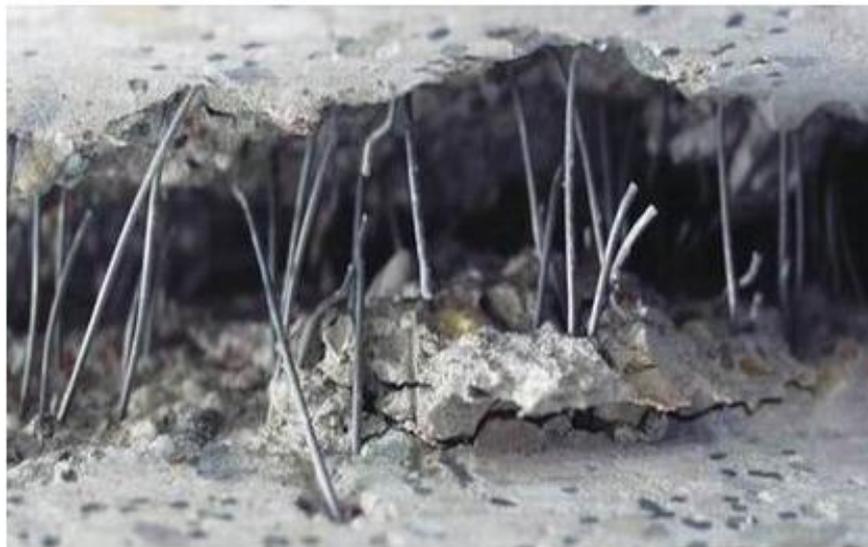
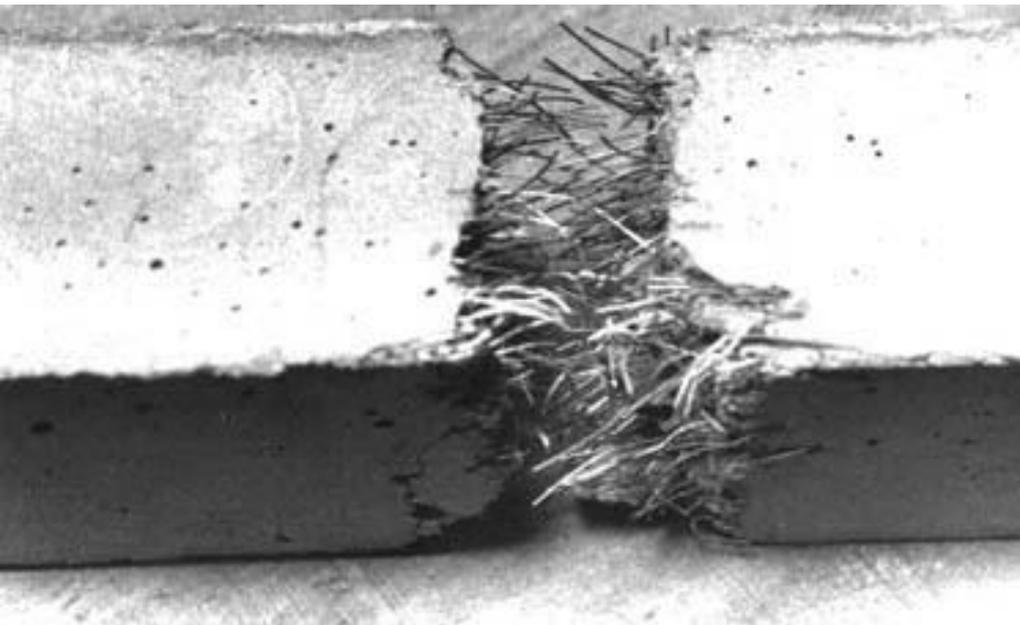
Стекловолокно





Металлическая сетка





Металлическая фибра