ДОБАВКИ В БЕТОНЫ И РАСТВОРЫ

Ашық сабақтар

Добавки-модификаторы разделяют на два вида:

1) Химические добавки ("admixture" по евронормам EN 206–1 и EN 934–2), вводимые в бетонную смесь в небольших количествах (0,005…5 % от массы цемента) обычно в виде растворов вместе с водой затворения

2) Тонкомолотые минеральные порошки-наполнители с дисперсностью, равной или превышающей тонкость помола цемента ("additive").

- Такие порошки могут быть как активными, реагирующими с продуктами гидратации цемента и частично заменяющими его, так и химически инертными наполнителями, которые, тем не менее, участвуют в процессе формования структуры цементного камня и бетона, уплотняют его.
- Тонкодисперсные добавки вводят обычно в количестве 5…30 % от массы цемента.

- Согласно ГОСТ 24211-2003 "Добавки для бетонов и растворов. Общие технические условия"
- п. 3: "Добавка - это продукт, вводимый в бетонные и растворные смеси с целью улучшения их технологических свойств, повышения строительно-технических свойств бетонов и растворов и придания им новых свойств".

В соответствии с ГОСТ 24211–2003 выделяют три вида добавок:

- добавки, регулирующие свойства готовых к употреблению бетонных и растворных смесей;
- добавки, изменяющие свойства бетонов и растворов;
- добавки, придающие бетонам и растворам специальные свойства.

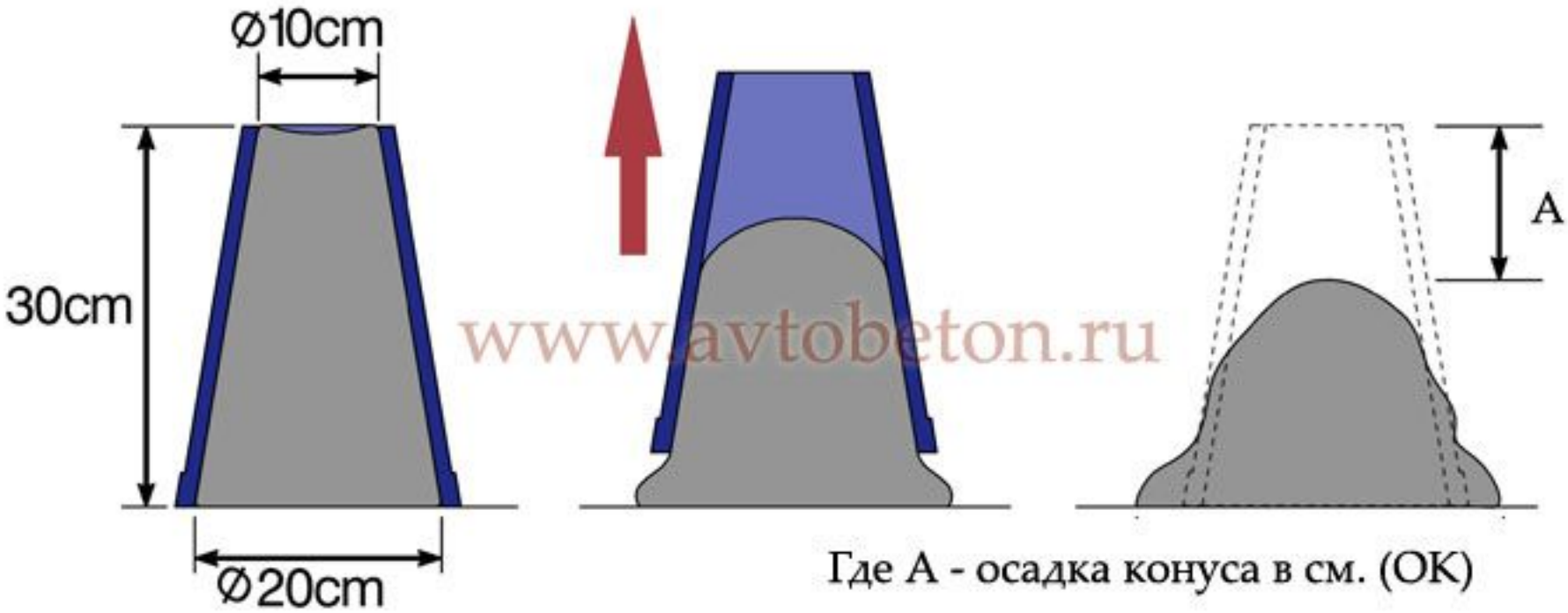
К добавкам первого вида относят:

- пластифицирующие-водоредуцирующие, позволяющие повысить подвижность бетонной смеси и (или) уменьшить её водосодержание при снижении прочности бетона (раствора) во все строки твердения не более чем на 5 %;
- стабилизирующие, уменьшающие растворо- и водоотделение, расслаиваемость бетонной смеси;
- регулирующие сохраняемость подвижности;
- поризующие.

Пластифицирующие-водоредуцирующие добавки

- Пластификаторы I группы (суперпластификаторы);
- Пластификаторы II группы (сильнопластифицирующие);
- Пластификаторы III группы (среднепластифицирующие);
- Пластификаторы IV группы (слабопластифицирующие);

Метод проверки осадки конуса (подвижности бетона



В зависимости от пластифицирующего эффекта добавки подразделяются на следующие виды

- Суперпластификаторы (I группа пластифицирующих добавок) повышают подвижность бетонных смесей от П1 до П5 (от 2...4 см до 21...25 см) без снижения прочности бетона во все сроки испытания;
- Сильнопластифицирующие (II группа пластифицирующих добавок), повышающие подвижность смесей от П1 до П4 (от 2…4 см до 16...20 см) без снижения прочности бетона;
- Среднепластифицирующие (III группа пластифицирующих добавок) повышают подвижность смесей от П1 до П3 (от 2...4 см до 10...15 см) без снижения прочности бетона;
- Слабопластифицирующие (IV группа пластифицирующих добавок) увеличивают подвижность бетонной смеси от П1 до П2 (от 2...4 см до 5...9 см) без снижения прочности бетона.

- На строительном рынке в настоящее время представлены пластифицирующие добавки, выпускаемые как отечественными, так и зарубежными производителями.

По своей природе суперпластификаторы разделяют на четыре группы:

I — сульфированные меламиноформальдегидные смолы,

II - продукты конденсации нафталинсульфокислоты и формальдегида,

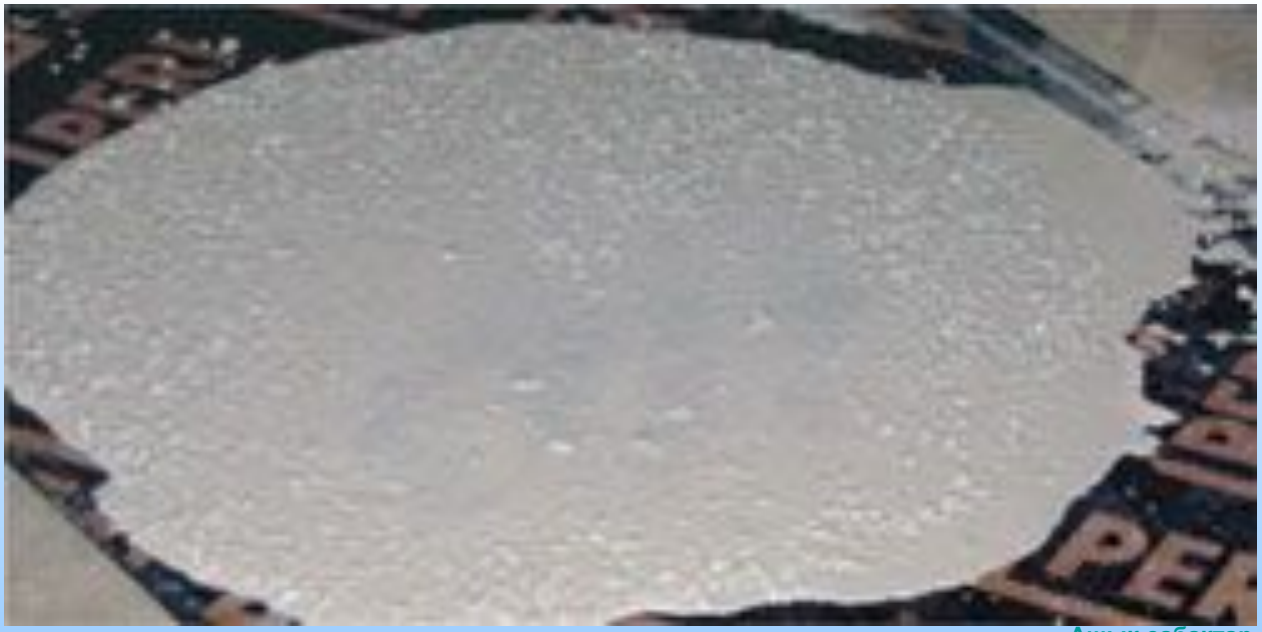
III — модифицированные (очищенные и практически не содержащие сахаров) лигносульфонаты,

IV — добавки на основе поликарбоксилатов (гиперпластиф.) и некоторые другие

Классификация суперпластификаторов

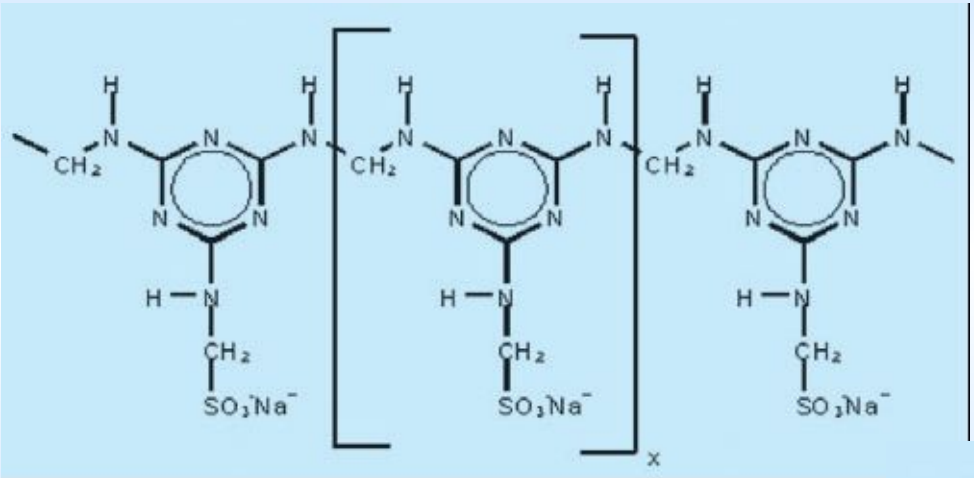
Год открытия	Группа	Тип	Снижение водосодержания,%	Наименование
1960	1	сульфомеламинформ альдегид MSF	15-30	НИЛ-10, 10-03, Мелмент, Конпласт, Зикамент-ФФ
1932	2	сульфонафталинформ альдегид NSF	5-15	ЛСТМ, ХДСК-1, Пластимент БВ40
1939	3	модифицированные лигносульфонаты LS	15-25	С-3, 40-03, Дофен, Майти, Кормикс, Кризо Флюид
1993	4	поликарбоксилат PA	20-30	Мелфлюкс 1641Ф
1997	--	эфир поликарбоксилаза новый PAE	25-40	Зика Вискокрит-20Ш Е
1997		сополимер	25-40	Флюкс-1

Механизм действия пластификаторов

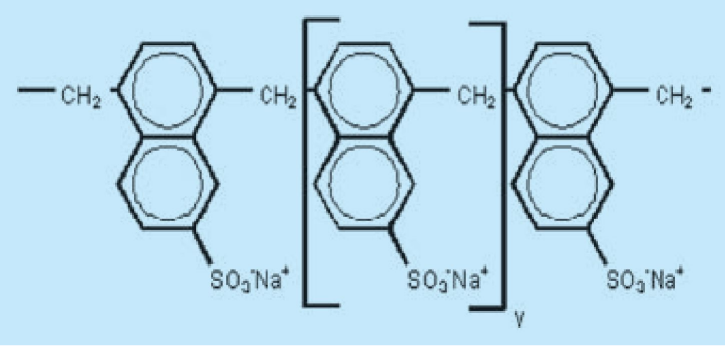


Ашық сабақтар

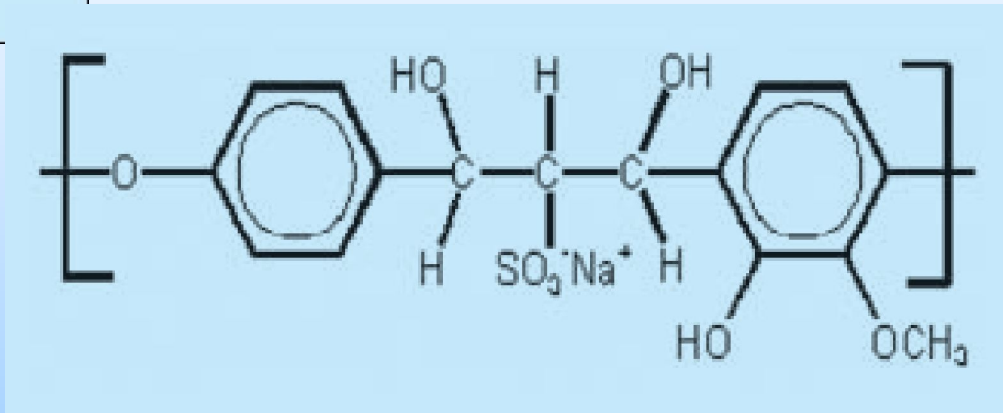
- Эффективность **суперпластификаторов** зависит от структуры, наличия и вида функционально активных групп, их расположения в молекулах, длины и формы цепей, молекулярной массы.



Сульфомеламинформальдегид (СМФ)

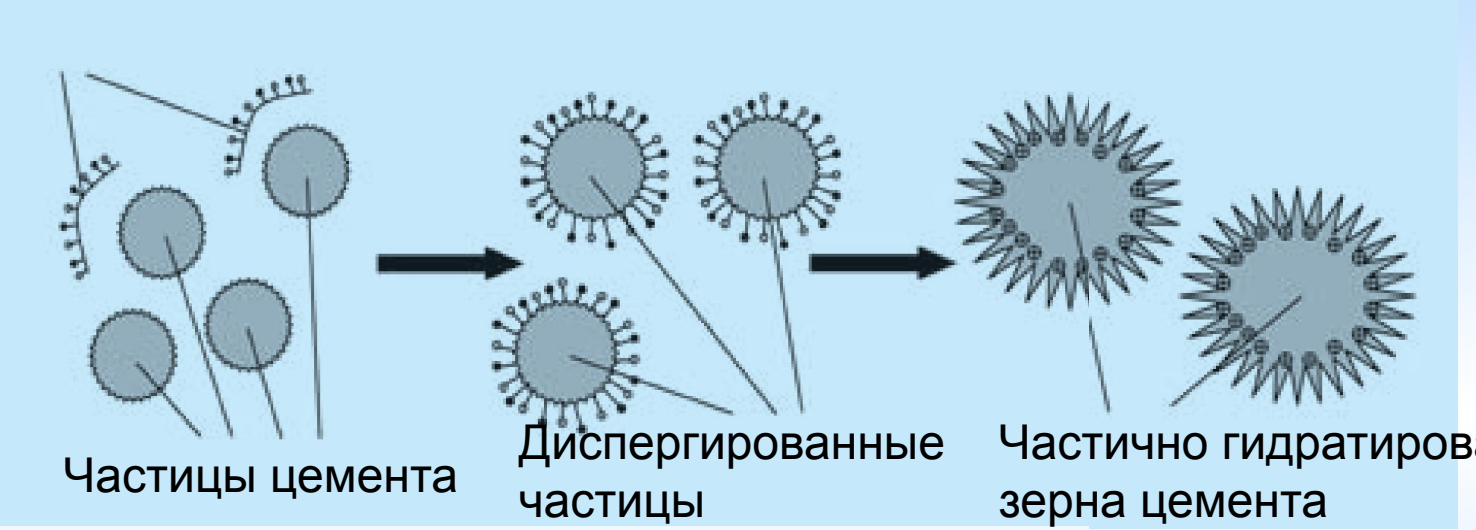


Сульфонафталинформальдегид (С-3)



Лигносульфонат технический (ЛСТ)

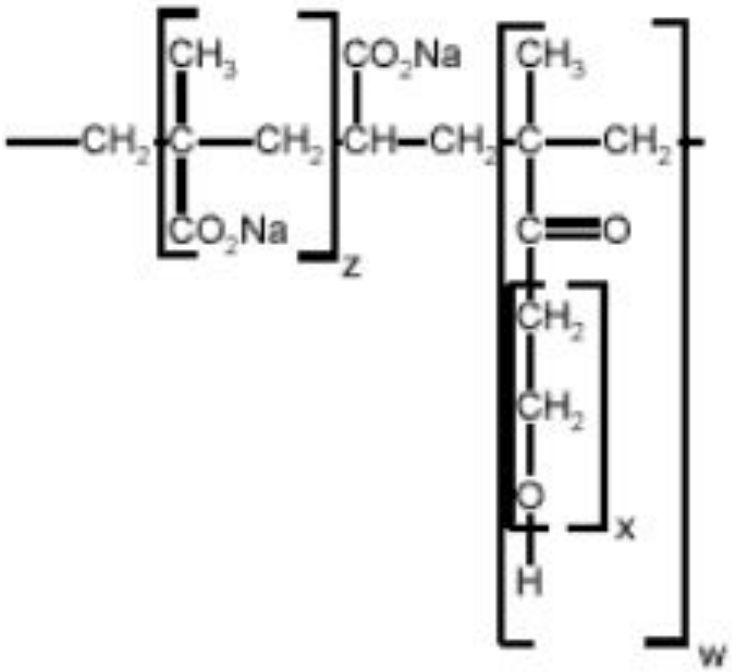
Механизм их действия упрощенно представлен на рисунке

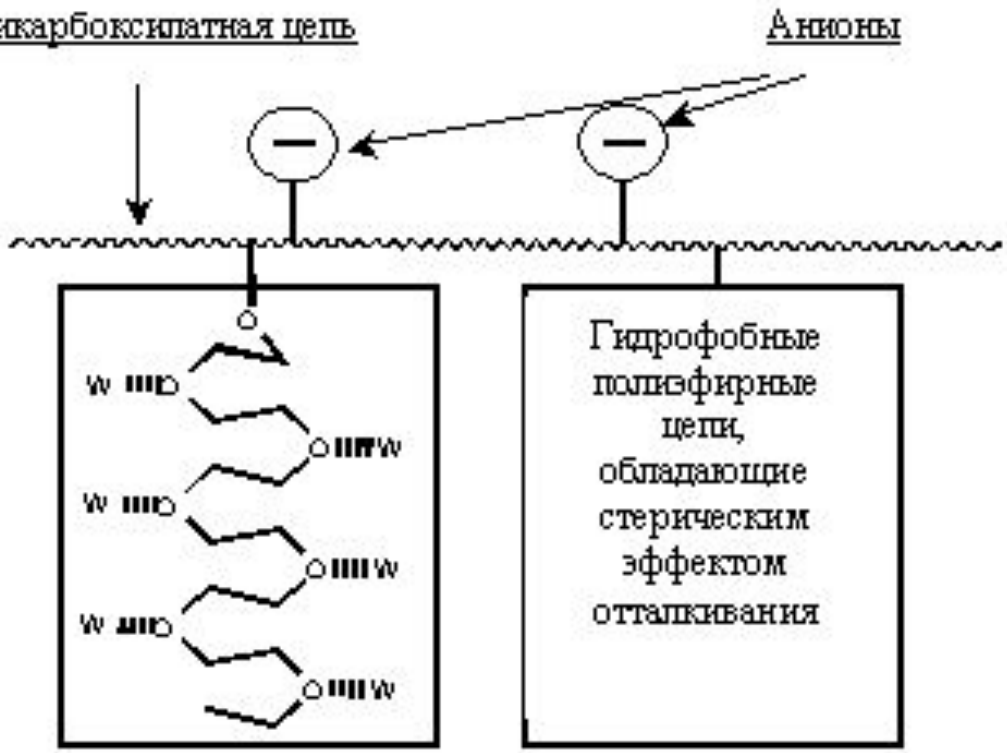


В начальный период

После начала гидратации цементных частиц

Гиперпластификаторы





Ашық сабақтар

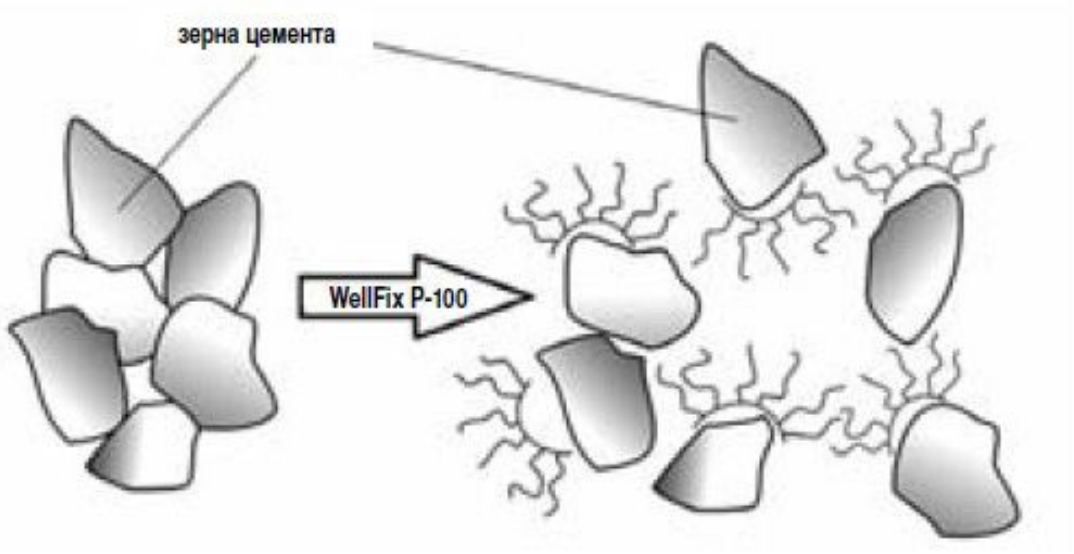


Рис. 2. Схематичное изображение процесса диспергирования

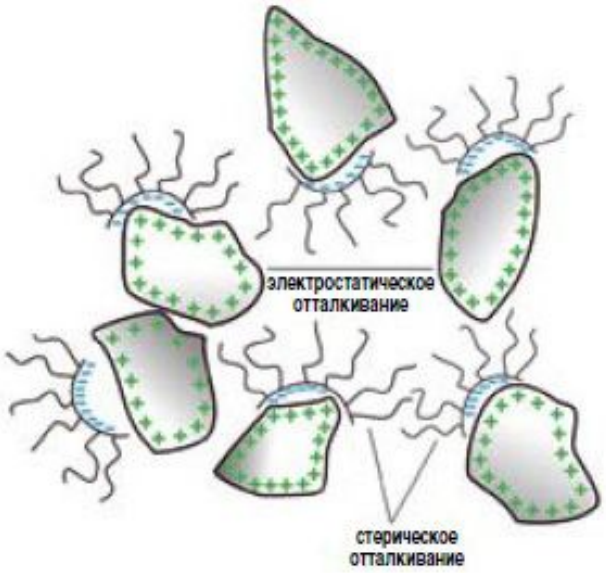
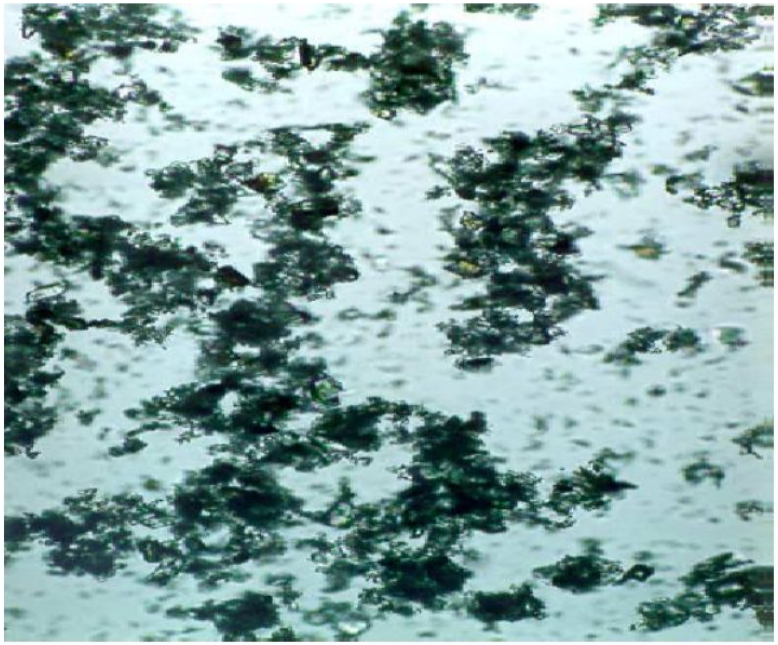


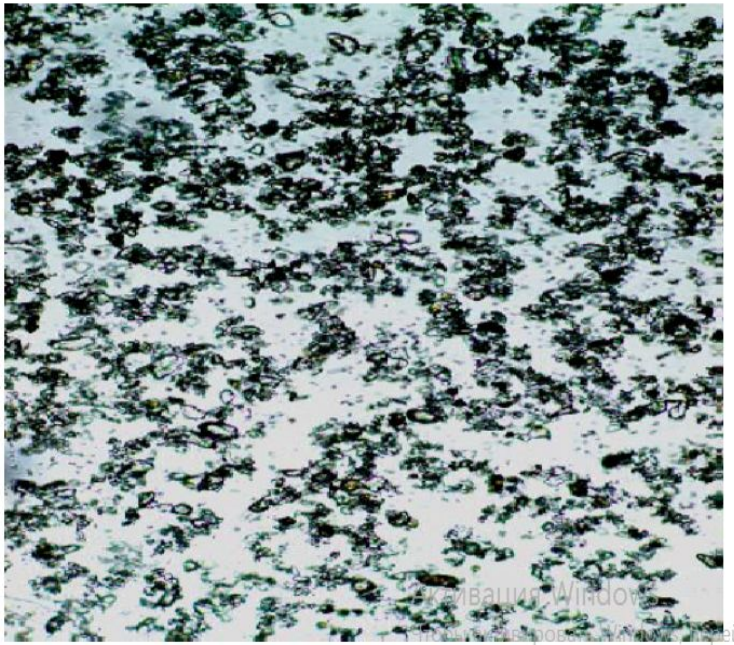
Рис. 3. Диспергирование (разжижение) вследствие стерического и электростатического отталкиваний

ВОЗДЕЙСТВИЕ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ

А) Цементные частицы во взвешенном состоянии в воде



Б) Взвешенное состояние цементных частиц после добавления 1 % пластификатора



Микроснимок

Ашық сабақтар

Производство самоуплотняющегося бетона

Рис 12: Производство самоуплотняющегося бетона (SCC)

До добавления суперпластификатора

После добавления суперпластификатора и 3 минут перемешивания

Состав строительного раствора: портландцемент М-500, песок кварцевый, известь гашенная молотая.

№	Тип и количество пластификаторов	Кол-во воды затворения,г	Подвижность растворной смеси (по Суттарду), см		
			После затворения	Через 30 мин.	Через 60 мин.
1	Нет	200	15	14	9
2	Суперпластификатор 1 вида-6г.	200	26	20	10
3	Суперпластификатор 2 вида-6г.	200	26	18	9
4	Суперпластификатор 3 вида-6г.	200	24	22	12
5	Суперпластификатор 4 вида-2г.	200	28	28	25

Водопотребность строительных растворов при подвижности 28 см

Ашық сабақтар

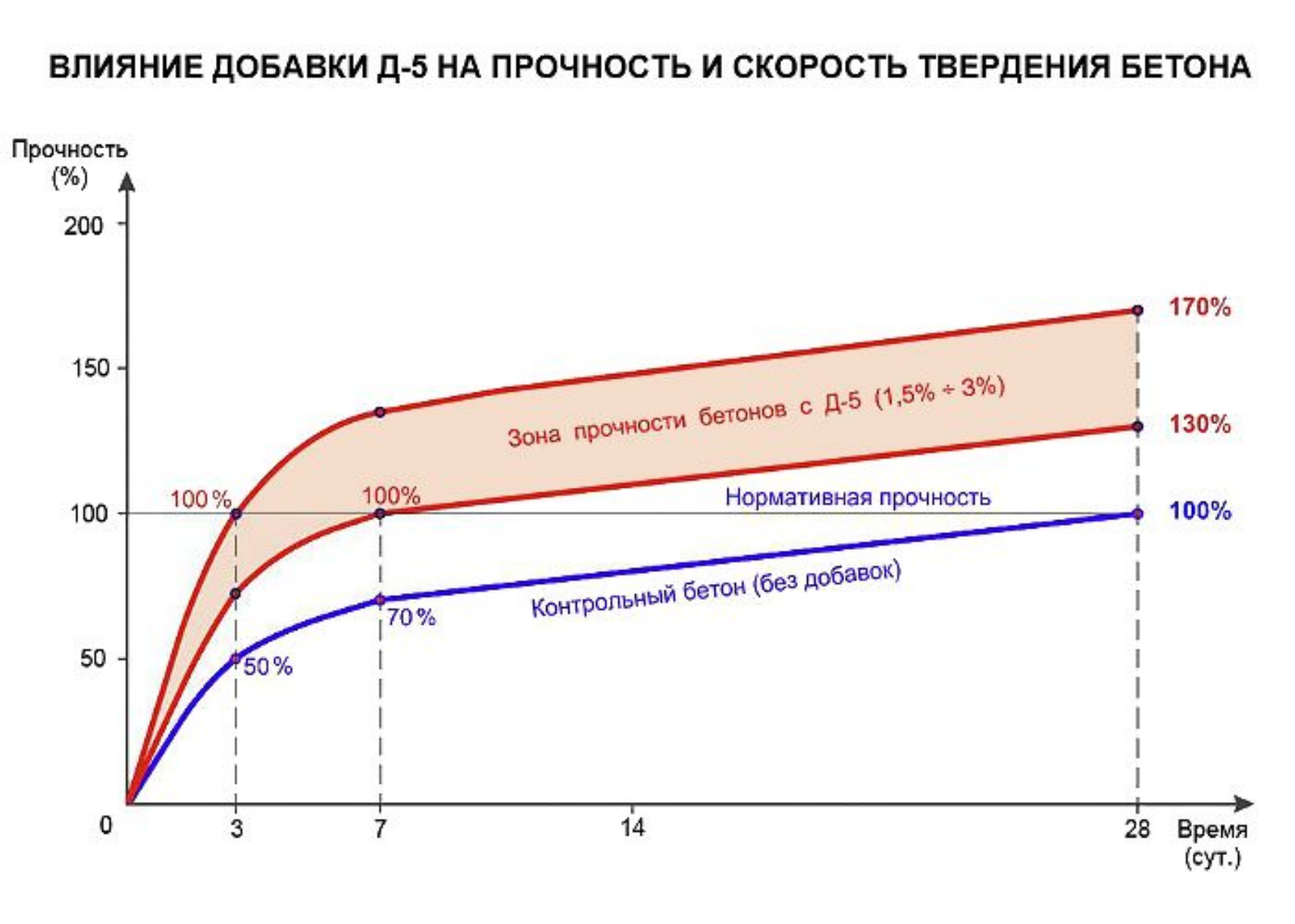
Прочность строительных растворов на сжатие в 28 сут

Ашық сабақтар

Капиллярная пористость строительных растворов

Ашық сабақтар

Гидрофобизирующий суперпластификатор



Эти вещества придают стенкам пор и капилляров в бетоне гидрофобные свойства.

Гидрофобизирующие добавки вводят в бетонные и растворные смеси с целью:

— уменьшения смачивания стенок пор и капилляров, а также поверхности изделий;

— воздухововлечения или газообразования, сопровождающегося гидрофобизацией образующихся газовых полостей;

— повышения связности и подвижности бетонной смеси, происходящего за счет равномерно распределенных в ней пузырьков воздуха или газа.

ВАЖНО! Действие суперпластификаторов ограничивается 2...3 ч с момента их введения и после первоначального замедления процессов гидратации и образования коагуляционной структуры наступает ускорение твердения бетона.

Это объясняется тем, что адсорбционный слой добавки на поверхности зерен цемента проницаем для воды, а дефлокулирующее действие ПАВ увеличивает поверхность контакта цемента и воды, что приводит к увеличению числа гидратных новообразований.

Среднепластифицирующие добавки

Это вещества гидрофильного типа, к которым относятся такие широко применяемые органические продукты, как некоторые эфиры и другие вещества.

Каждая молекула которых содержит значительное число функциональных групп разной полярности, перемежающихся с неполярными радикалами.

- При адсорбировании на частице цемента добавка образует пленку, которая удерживает вблизи себя достаточно толстый слой воды.
- Вместе с этим, благодаря физической адсорбции в устьях микрощелей и микротрещин клинкерной части цемента, происходит сглаживание шероховатостей микрорельефа зерен, что также способствует пластификации бетонной смеси.
- Весьма важной особенностью гидрофильных ПАВ является их пептизирующее (диспергирующее) действие.

- Таким образом, добавки ПАВ, вводимые в небольших количествах — 0,2...0,25 %, замедляют процессы гидратации и твердения цемента, прежде всего вследствие экранирования его зерен адсорбционными слоями.
- Необходимо принимать во внимание, что при больших дозировках добавок происходит повышение вязкости среды, а также адсорбция ПАВ на гидратных новообразованиях, приводящие к значительному замедлению процессов твердения бетона.
- При передозировке гидрофилизирующих ПАВ возможно вовлечение в бетонную смесь пузырьков воздуха, но они изолированы и легко удаляются из смеси при перемешивании.

Слабопластифицирующие добавки

- Механизм действия слабопластифицирующих добавок (пластифицирующе-воздухововлекающих) заключается в вовлечении в бетонную смесь мельчайших пузырьков воздуха и образовании на поверхности зерен цемента тонких гидрофобных пленок. Такое действие добавок резко уменьшает смачивание цементных зерен водой, что приводит к замедлению реакций гидратации и гидролиза клинкерных минералов и, следовательно, к сохранению на некоторое время начальной вязкости теста вяжущего.
- Количество вовлеченного воздуха может достигать ~ 5% от объема смеси. Вследствие этого увеличивается объем цементного теста, играющего роль смазки твердых компонентов смеси, и достигается эффект пластификации. Это указывает на то, что использование пластификаторов гидрофобного типа наиболее эффективно в «тощих» смесях.

Технико-экономическая эффективность пластификаторов

1. Экономия цемента для равнопрочных бетонов (порядка 5…20%).
2. Уменьшение расслаиваемости бетонной смеси.
3. Повышение плотности и непроницаемости бетона.
4. Рост прочности бетонов равноподвижных составов.
5. При введении пластифицирующих добавок в бетон при постоянном расходе цемента и равноподвижности бетонной смеси можно уменьшить водоцементное отношение; это особенно эффективно при интенсивной вибрации.

Кроме того, добавки-пластификаторы способствуют гомогенизации бетонной смеси и, как следствие, повышению ее однородности. Пластифицирующий эффект добавок повышается с увеличением тонкости помола цемента, его расхода в бетоне или растворе.

Стабилизирующие добавки

В отдельную группу выделяют добавки, которые одновременно способствуют:

- нерасслаиваемости,
- продолжительной сохранности первоначальных свойств бетонных и растворных смесей,
- улучшают их перекачиваемость.

- Стабилизирующие добавки обеспечивают снижение растворо- и водоотделения литых тяжелых бетонных смесей (ОК = 20…22 см) или легкобетонных смесей марки П3 не менее чем в 2 раза. При этом водоотделение обычно не превышает 2 %, а раствороотделение – 2,5 %. Эти добавки также повышают однородность и понижают проницаемость бетона. К ним относят полиоксиэтилен (ПОЭ), метилцеллюлозу (МЦ-100), карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ).

- Добавки такого типа на основе эфиров целлюлозы (Tilosa и др.) получили широкое распространение в производстве сухих строительных смесей. Стабилизаторами реологических свойств бетонных смесей также являются высокодисперсные порошки каолина, бентонитовой глины, в т.ч. с эмульгатором (ЛСТ, ОП-7).

К добавкам второго вида относятся добавки:

- регулирующие кинетику твердения бетона – ускорители и замедлители;
- повышающие прочность;
- снижающие проницаемость;
- повышающие защитные свойства по отношению к стальной арматуре;
- повышающие морозостойкость;
- повышающие коррозионную стойкость (в т.ч. регулирующие процессы усадки и расширения).

Добавки-замедлители схватывания и твердения

1. Служат для возможности вести бетонирование непрерывно или с такими перерывами, в течение которых процесс схватывания ранее уложенной смеси еще не начинается.
2. В производстве сборных бетонных и железобетонных изделий добавки-замедлители схватывания применяют при изготовлении наружных стеновых панелей для вскрытия поверхностного слоя и обнажения декоративного заполнителя после ускоренного твердения.
3. Для транспортирования бетонной смеси на значительные расстояния, а также сохранения технологических свойств смесей в случае возникновения в производстве бетонных работ технологических перерывов.

- К замедлителям схватывания относятся технические лигносульфонаты ЛСТ, нитрилотриметиленфосфоновая кислота МТФ, кормовая сахарная патока – меласса, декстрин, фенилэтоксисилоксан 113-63 (ФЭС-50).

Добавки-ускорители схватывания и твердения

- **Важным направлением использования добавок-ускорителей схватывания и твердения является бетонирование конструкций при отрицательной температуре.**

- **Значительный эффект от использования добавок-ускорителей имеет место и в технологии сборного бетона и железобетона. Сокращение сроков схватывания цемента и интенсификация его твердения актуальны как для бетонов нормально-влажностного твердения, так и подвергаемых тепловлажностной обработке, причем не только для бетонов на плотных, но и на пористых заполнителях.**

- Как ускорители схватывания используются хлорид кальция (ХК), фторид натрия (ФН), иногда сульфаты алюминия (СА), железа (СЖ), сульфат натрия (СН), нитрит-нитрат кальция (ННК), нитрат кальция (НК), нитрат натрия (НН1), тринатрийфосфат (ТНФ), добавки на основе роданида и тиосульфата натрия (Релаксол, Реламикс).
- Побочными эффектами применения таких добавок являются регулирование кинетики тепловыделения и нарастания прочности в раннем периоде твердения.

Добавки, повышающие защитные свойства бетона

- Это добавки, увеличивающие защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре
- Применение добавок-ингибиторов коррозии стали оказывает влияние на свойства бетонной смеси и бетона, что выражается в:

- увеличении подвижности бетонной смеси,
- снижении диффузионной проницаемости бетона,
- увеличении электропроводности бетона.

Введение добавок-ингибиторов позволяет твердеть бетону при отрицательных температурах!

Добавки, повышающие коррозионную стойкость (в т.ч. регулирующие процессы усадки и расширения)

- Коррозионную стойкость повышают воздухововлекающие и гидрофобизирующие добавки (ГКЖ-10, ГКЖ-11, ГКЖ-94, алюмометилсиликонат натрия АМСР), кольматирующие добавки (сульфаты алюминия СА и железа СЖ, хлорид железа ХЖ, полиамидная смола С-89, битумная эмульсия – эмульбит БЭ), закупоривающие капиллярные поры бетона, а также ингибиторы коррозии арматуры (нитрит натрия НН, мочевина М, бихроматы натрия БХН и калия БХК, тетраборат натрия ТБН – бура, нитрит-нитрат кальция ННК).

К добавкам третьего вида относят:

- противоморозные (ускорители твердения, которые применяют при повышенной дозировке – до 5…15 % , а также хлорид натрия ХН, аммиачную воду АМ, поташ П);
- гидрофобизирующие;
- биоцидные, повышающие бактерицидные и интексицидные свойства бетона (катапин, оловоорганические соединения);
- повышающие стойкость к высолообразованию;
- изменяющие электропроводность бетона (хлористые соли, графитовый порошок, сажа);
- повышающие жаростойкость бетона (зола-унос, тонкомолотая хромитовая руда, шамот).

Противоморозные добавки

- **Противоморозные добавки — вещества, понижающие температуру замерзания воды и способствующие твердению бетона при отрицательных температурах.**
- **Твердение бетонов и растворов при пониженной температуре происходит медленно, так как замедляется процесс гидратации цемента. Уже при температуре -3…-6 °С вода в бетоне замерзает, и процессы гидратации вяжущего и твердения бетона практически прекращаются.**

Биоцидные добавки

- **Для повышения стойкости против биохимической коррозии в состав бетона или раствора на стадии их приготовления вводят специальные добавки:**

- бактерицидные — от бактерий,

- фунгицидные — от грибов,

- альгицидные — от водорослей.

- **Пример расчета количества добавки вводимой в бетонную смесь**
- Предположим, что количество вводимой добавки в бетонную смесь составляет 0.5%. Расход добавки на 100 кг цемента:
  100 кг - 100%
  X кг - 0.5%

  X=100*0,5%/100%= 0,5 кг абсолютно сухого пластификатора

  добавка вводится в виде раствора рабочей концентрации (в данном примере - 35%). Следовательно:
  0,5 кг - 35%
  X кг - 100%

  X=100%*0,5/35%=1,429 кг раствора рабочей концентрации из расчета на 100 кг цемента.

  Если дозирование рабочего раствора добавки осуществляется в литрах, а не в килограммах, то:
  V=m/d, где: m - масса рабочего раствора добавки в кг; d - плотность 35% раствора добавки рабочей концентрации г/см. (см. табл. 4).

  V =1,429/1,185=1,206 л добавки на 100 кг цемента.

  Если на 1 $м^3$ расходуется, например, 360 кг цемента, то при дозировке 0,5% добавки получаем рабочий раствор пластификатора:
  1,206 · 3,6 = 4,342 л (на 360 кг цемента).

  Если дозирование происходит в килограммах, то:
  1,429 · 3,6 = 5,144 кг (на 360 кг цемента).

В мировой практике распространены и несколько иные классификации добавок по достигаемому технологическому эффекту. В частности, Ассоциацией по стандартизации и испытанию материалов (ASTM) предложена следующая классификация химических добавок:

Классификация химических добавок по ASTM

Тип	Технологический эффект	Номер стандартов
A	Водопонижение	C494
B	Замедление твердения	C494
C	Ускорение твердения	C494
D	Водопонижение / замедление	C494
E	Водопонижение / ускорение	C494
F	Значительное водопонижение Значительное водопонижение / замедление	C494
—	Пластифицирование для литого бетона	C1017
—	Пластифицирование / замедление для литого бетона	C1017
—	Воздуховлечение	C260
—	Добавки для торкрет-бетона	C1141

В европейских нормах (EN 934–2) химические добавки предлагается разделять как в зависимости от технологического эффекта, так и в зависимости от их назначения.

Классификация добавок по EN 934–2

Назначение	Технологический эффект
Уменьшение количества воды – пластификаторы	Снижение водосодержания в данной бетонной смеси без изменения консистенции или увеличение удобоукладываемости без изменения водосодержания
Значительное уменьшение количества воды– суперпластификаторы	Значительное снижение водосодержания в данной бетонной смеси без изменения консистенции или значительное увеличение удобоукладываемости без изменения водосодержания

Увеличение связности воды в бетонной смеси	Предотвращение потерь воды за счет самопроизвольного водоотделения
Воздухововлечение	Вовлечение в процессе перемешивания бетонной смеси определенного количества мелких, равномерно распределенных пузырьков воздуха, которые остаются в структуре затвердевшего бетона
Ускорение схватывания	Сокращение продолжительности периода перехода смеси из пластичного в твердое состояние
Ускорение твердения	Увеличение скорости нарастания прочности бетона с изменением или без изменения сроков схватывания
Замедление схватывания	Удлинение продолжительности периода перехода смеси из пластичного в твердое состояние
Уплотнение структуры бетона	Уменьшение капиллярной адсорбции бетона
Замедление схватывания / снижение водосодержания	Комбинация действий пластификатора – снижение водосодержания (основной эффект) с замедлением схватывания (дополнительный эффект)
Замедление схватывания / значительное снижение водосодержания	Комбинация действий суперпластификатора – значительное снижение водосодержания (основной эффект) с замедлением схватывания (дополнительный эффект)
Ускорение схватывания / снижение водосодержания	Комбинация действий добавки – снижение водосодержания (основной эффект) с ускорением схватывания (дополнительный эффект)
Комплексная добавка	Влияние на несколько свойств бетонной смеси и бетона

Тонкомолотые минеральные порошки-наполнители с дисперсностью, равной или превышающей тонкость помола цемента

- Цементный камень по определению В.Н. Юнга можно считать "микробетоном". Значительная часть цементных зерен гидратируется неполностью и выполняет роль своеобразных наполнителей цементного камня.
- Кроме "естественных" наполнителей, которыми служат ядра большей части клинкерных частиц, в цементы и бетонные смеси могут быть введены "искусственные" наполнители – тонкомолотые практически нерастворимые в воде неорганические вещества, состоящие из **частиц размером менее 150 мкм.**

- В качестве наполнителей бетонов применяют тонкомолотые кварцевые пески, карбонатные материалы, доменные и топливные шлаки и др.
- Ряд порошков получают непосредственно в высокодисперсном состоянии как отходы или полупродукты различных производств – каменноугольная зола-унос, микрокремнезем – отход производства ферросплавов, карбонатная пыль и др.
- Наполнители могут вступать в химическое взаимодействие с продуктами гидратации цемента (золы, шлаки, микрокремнезем, метакаолин) или не вступать (кварцевый песок), однако в обоих случаях, обладая высокой удельной поверхностью, они являются активными компонентами твердеющих цементных систем.

Способность активных минеральных добавок (активных наполнителей) заменять цемент можно оценить коэффициентом "цементирующей эффективности", который показывает, какому количеству вяжущего эквивалентен в бетоне 1 кг добавки. Для микрокремнезема такой коэффициент равен 3…4, для метакаолина – 1…2, для золы-унос – 0,25…0,4.

Благодаря уплотнению бетона при введении минеральных наполнителей и вследствие связывания ими Ca(OH)2, выделенного при твердении цемента, в стойкие низкоосновные гидросиликаты кальция, повышается коррозионная стойкость и непроницаемость.

Наполнители также обычно снижают водоотделение, способствуют сохранению подвижности бетонных смесей. Специальные наполнители могут придавать бетону специальные свойства – электропроводность, кислото-, жаростойкость и др.

В чем заключается эффективность микрокремнеземистых добавок?

- В композиции с добавками суперпластификаторов оказались особенно эффективны высокодисперсные кремнеземистые порошки – микрокремнеземы (МК).
- МК образуются как отходы производства ферросплавов, улавливаемые при газоочистке. Уникальная удельная поверхность (до 20 000 см2/г) в сочетании с аморфизованной структурой частиц, наличием таких примесей, как карбид кремния, которые обладают высокой поверхностной энергией, обусловливают высокую структурирующую и реакционную способность этих материалов по сравнению с другими наполнителями цементных систем.
- Содержание МК в бетонах рекомендуется в количестве 20...50 кг/м3. Большее содержание МК приводит к резкому возрастанию водопотребности бетонных смесей, к необходимости повышенного количества суперпластификатора.

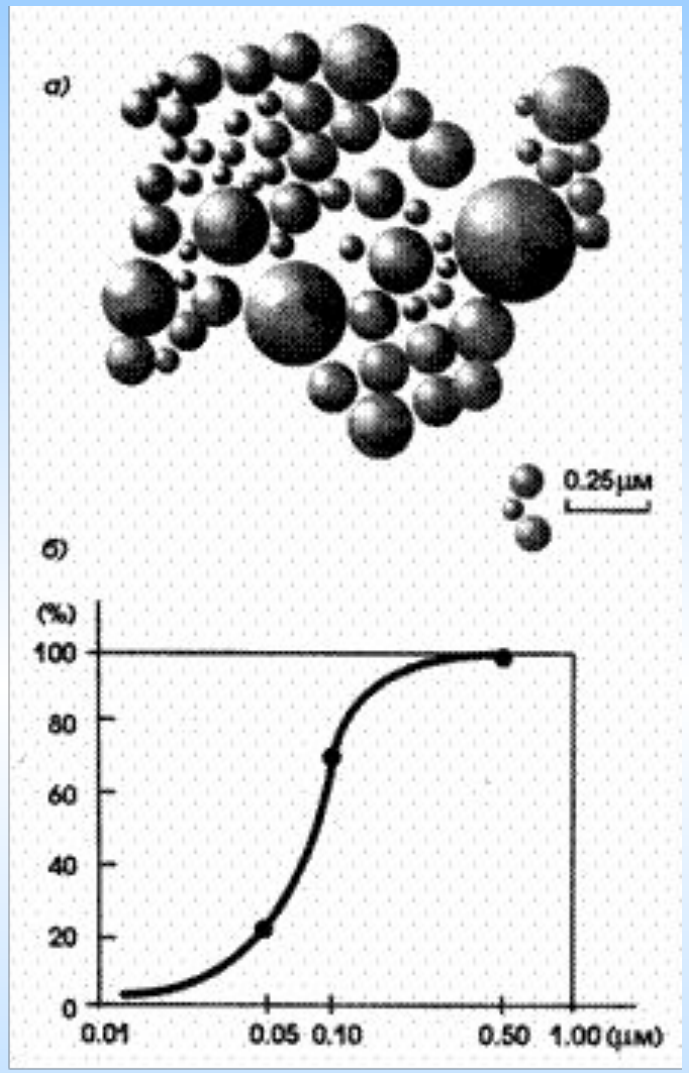


Рис. 4.1. Основные характеристики микрокремнезема:
а – форма и размер зерен; б – кривая гранулометрического состава

При введении МК повышаются связность и тиксотропность бетонных смесей.
Взаимодействие МК с гидроксидом кальция способствует увеличению в составе цементного камня наиболее прочных и устойчивых низкоосновных гидросиликатов кальция.
В бетонах происходит существенное увеличение объема гелевых пор и уменьшается объем капиллярных пор, вследствие чего повышаются плотность, непроницаемость, морозостойкость.

Состав бетонной смеси для самоуплотняющихся бетонов

США	
Вода, кг	180
Портландцемент, кг	357
Гранулированный шлак, кг	119
Мелкий заполнитель, кг	936
Крупный заполнитель, кг	684
Добавка суперпластификатор, мл	2500
Индия	
Вода, кг	163
Цемент, кг	330
Зола высококальциевая, кг	150
Крупный заполнитель 10 мм, кг	309
Крупный заполнитель 20 мм, кг	455
Мелкий заполнитель, кг	917
Добавка суперпластификатор, мл	2400

Компоненты бетонной смеси	Расход составляющих на 1 м3 бетонной смеси
Япония	
Вода, кг	175
Портландцемент с пониженным тепловыделением, кг	530
Зола, кг	70
Мелкий заполнитель, кг	751
Крупный заполнитель, кг	789
Добавка суперпластификатор, кг	9
Европейский Союз	
Вода, кг	190
Портландцемент, кг	280
Известковый наполнитель, кг	245
Мелкий заполнитель, кг	865
Крупный заполнитель, кг	750
Добавка суперпластификатор, кг	4,2

Классификация дисперсных систем

По дисперсности

- **грубодисперсные системы, D< 10^3 [1/см]**
- микрогетерогенные системы, D = 10^3 - 10^5 [1/см]
- ультрамикрогетерогенные системы, D = 10^5 - 10^7 [1/см]

По агрегатному сос-тоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды Оствальда

По структуре

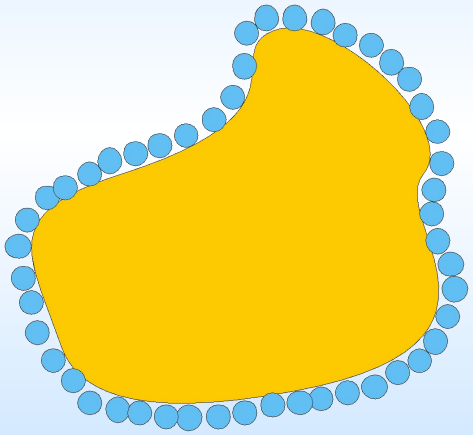
- Свобод-нодисперсные системы (золь)
- Связаннодисперсные системы (студень)

Лиофильные и лиофобные

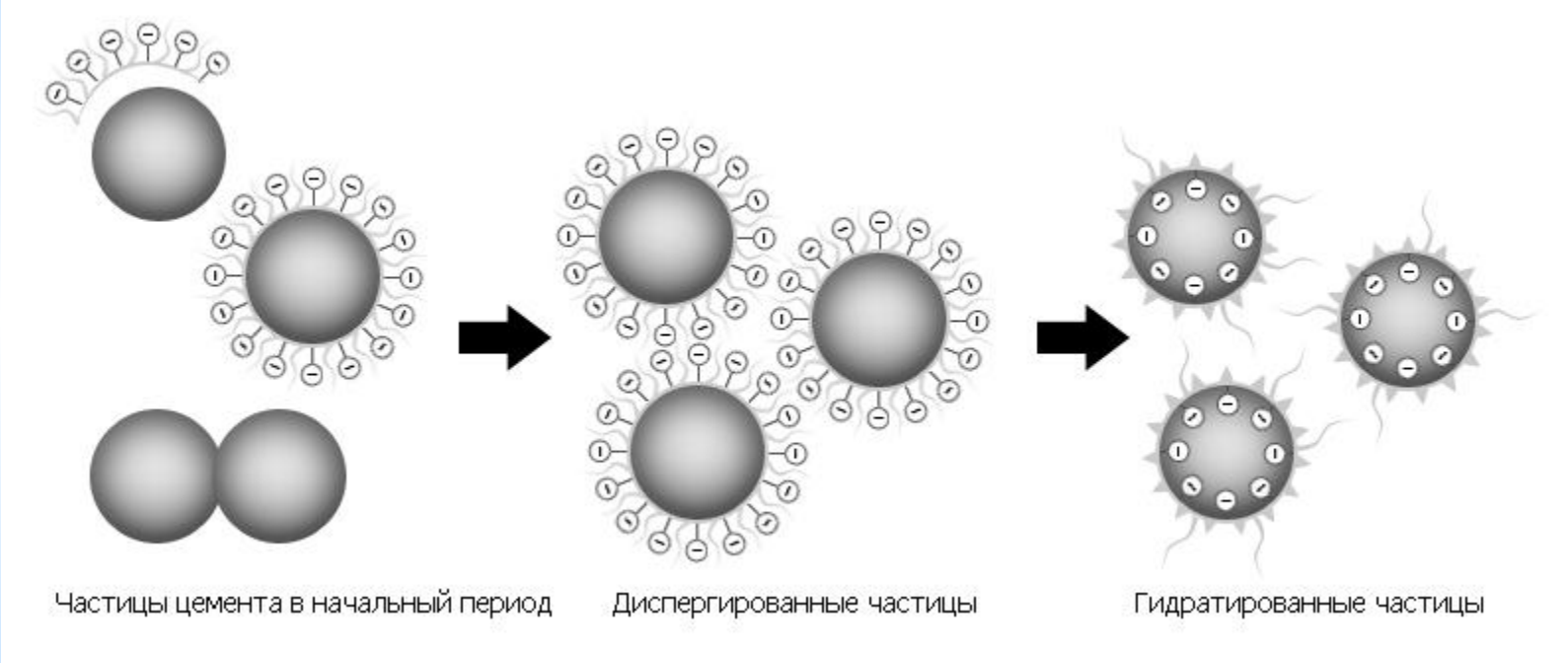
Соотношение между марками и классами бетона (раствора) по прочности на сжатие

Класс бетона по прочности	Марка бетона в возрасте 28 суток	Класс бетона по прочности	Марка бетона в возрасте 28 суток
В 1	М 15	В 20	В 20
В 2	М 25	В 22,5	В 22,5
В 2,5	М 35	В 27,5	В 27,5
В 3,5	М 50	В 35	В 35
В 5	М 75	В 40	В 40
В 7,5	М 100	В 45	В 45
В 12,5	М 150	В 55	В 55
В 15	М 200	В 60	В 60

Ашық сабақтар



Ашық сабақтар


Частицы цемента в начальный период
Диспергированные частицы
Гидратированные частицы