

КАЗАХСКАЯ ГОЛОВНАЯ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ

ДИСЦИПЛИНА «ТЕХНОЛОГИЯ БЕТОНА 1»



**ЛЕКЦИЯ 13 «ВЫСОКОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ БЕТОНЫ.
САМОУПЛОТНЯЮЩИЕСЯ БЕТОНЫ»**

АКАД.ПРОФ. КОЛЕСНИКОВА И.В.

Высокофункциональные бетоны = высококачественные бетоны

1986 г. - сформулирована концепция бетонов высокого исполнения или высококачественных бетонов (**High Performance Concrete, HPC**).

В высококачественных бетонах как бы суммируются свойства бетонов с отдельными высокими свойствами. По оценкам японских исследователей прогнозируемый срок службы таких бетонов –около 500 лет.

Основные критерии высокофункциональных бетонов :

- высокая прочность, включая высокую раннюю прочность ($R_{28} = 60 - 120$ Мпа и выше, R_1 не менее 25...30 Мпа);
- высокая морозостойкость (F400 и выше);
- низкая проницаемость по отношению к воде и химическим ионам (W12 и выше);
- высокое сопротивление истираемости (не более 0,4 г/см²);
- низкое водопоглощение (менее 2,5% по массе);
- низкая адсорбционная способность;
- низкий коэффициент диффузии;
- высокая химическая стойкость;
- высокий модуль упругости;
- бактерицидность и фунгицидность;
- регулируемые показатели деформативности (в том числе с компенсацией усадки в возрасте 14...28 суток естественного твердения).

Технология высококачественных бетонов основывается на управлении структурообразованием бетона на всех этапах его производства:

Состав:

- ✓ высококачественные сырьевые материалы: высококачественный портландцемент, композиционные вяжущие, ВНВ;
- ✓ комплексы химических модификаторов различного назначения;
- ✓ дисперсные наполнители-разбавители; ультрадисперсные наполнители-уплотнители и активизаторы;
- ✓ компоненты, управляющие объемными изменениями структуры;
- ✓ компоненты, позволяющие совместно с химическими модификаторами управлять реологией бетонной смеси и процессами затвердевания;
- ✓ компоненты, позволяющие управлять физико-химическими процессами твердения;
- ✓ компоненты, придающие бетону специальные свойства;
- ✓ дисперсные волокнистые компоненты;
- ✓ компоненты, регулирующие внутреннее тепловыделение материала.

-Интенсивная технология, беспечивающая:

- ✓ точность дозирования;
- ✓ тщательное перемешивание и гомогенизацию смеси;
- ✓ качественное уплотнение и твердение;
- ✓ механо-химическая активация смеси.

Композиционное вяжущее, комплекс и содержание модификаторов и активных компонентов подбирают в зависимости от назначения бетона и предъявляемых к нему требований с учетом состава бетона и свойств исходных основных составляющих – вяжущего и заполнителей.

ВНВ – вяжущие низкой водопотребности

Технология (механо-химическая активация)

совместный помол ингредиентов:

- клинкера или готового портландцемента
- сухого модификатора
- при необходимости - активной минеральной добавки (золы-уноса, пуццоланы, шлака и т. п.), наполнителя, а также гипсового камня (гипса).

Эффекты:

- Синергетическое усиление полезных свойств компонентов комплексного вяжущего:
 - прочность цемента возрастает на 2...3 марки;
 - пластифицирующий эффект органического компонента модификатора увеличивается примерно в 2 раза.



- снижение водосодержания изопластичных бетонных смесей до 120... 135 л/м³
- снижение В/Вяз до 0,25...0,30 для подвижных смесей и до 0,20—0,25 – для жестких
- увеличение УПЗ до 18 ... 30

Деэракция СУБ Герокрит

HeroCrete®
ИНОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ



УПЗ - «удельным потреблением заполнителей (УПЗ), которое для растворов и бетонов измеряется **массовым отношением суммы заполнителей и наполнителей к вяжущему.**

Ограничение УПЗ портландцементов (ПЦ) уровнем 15 обусловлено присутствием ослабленной контактной зоны между тестом и частицами заполнителей.

Увеличение УПЗ до 12-13 обеспечивает:

- оптимальная гранулометрия заполнителей и цементных материалов;
- использование гонкомолотых традиционных цементов;
- использование суперпластификаторов, добавляемых с водой затворения;
- улучшение уплотнения и условий выдерживания

УПЗ ВНВ увеличивается от 18 до 30, что соответствует по величине характеристикам полимер-бетонов

Влияние ВНВ на технологические свойства бетонных смесей и бетонов:

- повышается однородность бетонной смеси
- повышается стойкость к расслоению и сохраняемость, обеспечивающие сохранение формовочных свойств по меньшей мере в течении 30 мин с момента приготовления смеси,
- повышается тиксотропия, облегчающая и ускоряющая процесс укладки бетонных смесей и способствующая улучшению качества поверхности изделий
- обеспечивается энергосбережение в технологии бетонов на ВНВ за счет снижения температуры изотермического прогрева или полного отказа от тепловой обработки

При изготовлении объемных блоков из мелкозернистого бетона при температуре прогрева 35...50 °С выявлена возможность сокращения ТВО в два раза, причем проектная прочность достигалась уже в возрасте 1 суток, а в возрасте 28 суток фактическая прочность превышала проектную на 50...70% и более.

Таблица 1

Строительно-технические характеристики бетонов на ВНВ

Примечание: В качестве крупного заполнителя использовался щебень из габбро и диабаз.

Содержание ВНВ	Подвижность бетонной смеси, ОК, см	В/Вяз	Прочность на сжатие, Мпа, твердение при t=25°C и W>90%			Морозостойкость
			1 сут	28 сут	180 сут	
350	1-4	0,27	100,5	152,3	163,7	800
450	1-4	0,23	131,8	171,5	172,1	900
	5-9	0,25	111,5	153,1	161,8	700
550	1-4	0,20	142,1	183,2	181,3	1100
	5-9	0,23	121,8	173,5	174,1	900
	10-15	0,26	105,5	162,8	164,1	700

Самоуплотняющийся бетон (СУБ) – достижение высокой подвижности бетонной смеси, уплотняющейся под собственным весом, без вибрации и сегрегации компонентов.

Получен в Японии в 1990 г. профессором Хаймой Окамурой. Получение стало возможным созданием и внедрением в практику нового поколения добавок к бетону – высокоэффективных добавок для улучшения текучести на базе полиакрилата и поликарбоната.

Применение:

- монолитное бетонирование массивных густоармированных конструкций; торкретбетонирование
- производство сборных ЖБИ методами, предусматривающими получение изделий из смесей высокой подвижности (литых) при условии обеспечения высоких показателей физико-механических характеристик;
- реставрация и усиление конструкций;
- устройство монолитных высокопрочных бесшовных полов и др.

Технологические эффекты: сокращение времени и трудозатрат на уплотнение бетонной смеси; повышенный набор прочности в ранние сроки; снижение производственных энергозатрат.

Концепция получения СУБ:

- применение мультифракционного заполнителя для получения высокопрочного бетона;
- введение микро- и ультрадисперсного наполнителя для повышения прочности, коррозионной и трещиностойкости материала;
- управление реологией высокоподвижных бетонных смесей;
- создание новых видов химических модификаторов, регуляторов свойств бетона.

Таблица 2 Классификация бетонных смесей для производства самоуплотняющихся бетонов

Наименование бетонной смеси	Обозначение	Назначение и области применения самоуплотняющихся бетонов
Высокоподвижная (Flowability Slump-flow)	SF1 (550...650 мм)	Неармированные или низкоармированные бетонные конструкции – плиты перекрытий, трубопроводы, облицовки туннелей, фундаментов.
	SF2 (660...750 мм)	Большинство обычных сооружений – колонны, стены.
	SF3 (760...850 мм)	Вертикальные элементы, густоармированные конструкции сложных форм, торкретирование.
Вязкая (Viscosity)	VS1/VF1 (вязкость менее 8 секунд)	Конструкции и изделия, к которым предъявляются высокие требования по качеству поверхности и не требующие дополнительной обработки.
	VS2/VF2 (вязкость 9...25 секунд)	Конструкции невысокого класса прочности. Ввиду повышенной расслаиваемости тиксотропные свойства быстро изменяются за небольшой промежуток времени, что ограничивает расстояние транспортировки.
Легкоформируемая (Passing ability)	PA 1	Вертикальные сооружения, домостроение, конструкции, армированные с шагом от 80 до 100 мм.
	PA 2	Инженерные сооружения, армированные с шагом от 60 до 80 мм.
Устойчивая к расслоению (Segregation resistance)	SR1 (расслаиваемость не более 20%)	Высотные элементы, за исключением тонких балок, вертикальные сооружения, армированные с шагом до 80 мм. Максимальное расстояние транспортировки менее 5 метров.
	SR2 (расслаиваемость не более 15%)	Стены и тонкостенные профили, армированные с шагом свыше 80 мм. Максимальное расстояние транспортировки более 5 метров.

Таблица 3
Варианты состава
бетонной смеси для
самоуплотняющихся
бетонов

Компоненты бетонной смеси	Расход составляющих на 1 м ³ 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
США	
Вода, кг	180
Портландцемент, кг	357
Гранулированный шлак, кг	119
Мелкий заполнитель, кг	936
Крупный заполнитель, кг	684

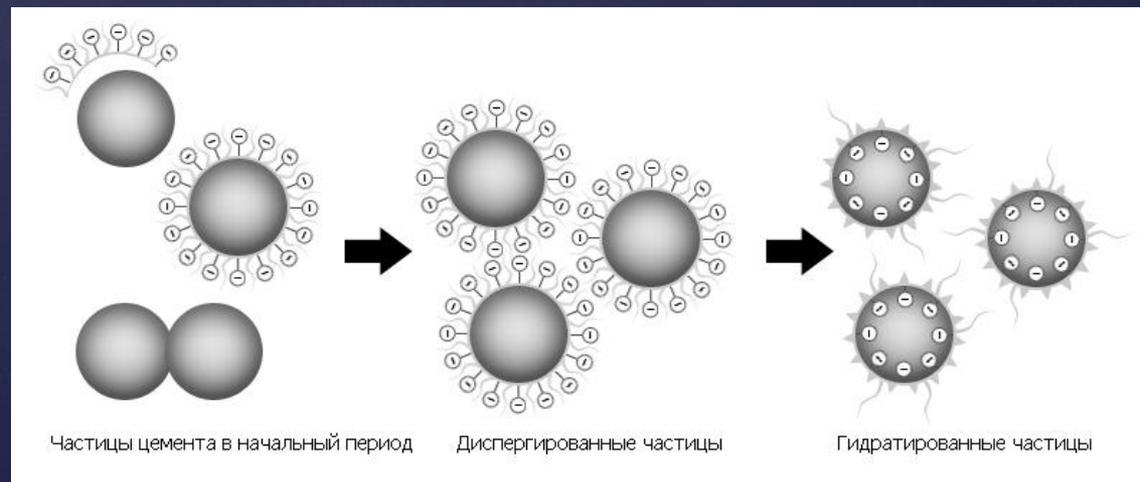
Высокоэффективные суперпластификаторы (гиперпластификаторы) на базе модифицированных поликарбоксилатов

СП неполикарбоксилатной основы обеспечивают пластификацию за счет сил электростатического отталкивания, быстро адсорбируются на поверхности зерен цемента и остаются там постоянно.

ГП, СП на основе модифицированных поликарбоксилатов работают комбинированно: путем взаимодействия сил пространственного и электростатического отталкивания. Изначально не блокируются на поверхности цементных зерен.

Небольшая часть цементного зерна покрыта полимером (СП.ГП), свободной поверхности флоккулы цемента достаточно для доступа воды и протекания реакции гидратации. Структуры полимеров различаются по длине основной цепи, длине боковых цепей, количеству боковых цепей и ионному заряду. Поэтому **свойствами данных полимеров можно управлять, изменяя молекулярную структуру и направленно воздействуя на свойства бетона.**

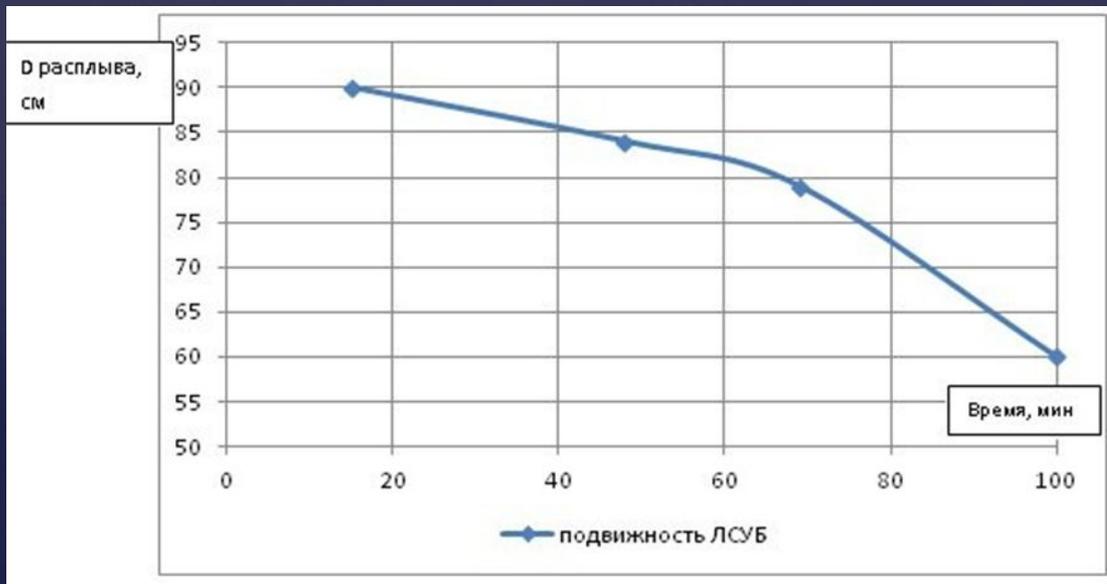
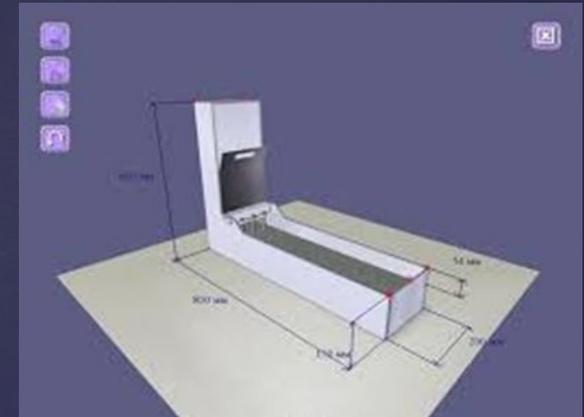
Длительность пластифицирующего эффекта поликарбоксилатов в 3-4 и более раза больше, чем при применении обычных суперпластификаторов за счет большой длины молекул поликарбоксилатов.



Бетонная смесь характеризуется низким водоцементным отношением 0,38...0,4, при этом достигая очень высокого показателя удобоукладываемости - расплыв до 70 см.



методы определения подвижности и вязкости (время истечения)



Плотность

Повышенная плотность материала, отсутствие в его структуре крупных пор и капилляров, препятствуют проникновению агрессивной среды вглубь бетона, снижая риск развития процессов коррозии.

Прочность.

- Прочность самоуплотняющегося бетона на сжатие **сравнима с прочностью обычных бетонов уплотняемых вибрацией**;
- Технологически не сложным является получение высокопрочных бетонов. Прочность получаемого материала составляет **до 100 Мпа**.

Модуль упругости.

Характерны близкие по значениям модуль упругости и предел прочности на сжатие. С соотношением между модулем упругости и прочностью на сжатие $E/(f_c)^{0.5}$, где E — модуль упругости, а f_c — прочность на сжатие. **Получаемое значение близко к рекомендуемому для обычного бетона**

