

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/см<sup>2</sup>);
- 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/м<sup>3</sup>
- 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 <sup>3</sup> бетонной смеси
<b>Япония</b>	
Вода, кг	175
Портландцемент с пониженным тепловыделением, кг	530
Зола, кг	70
Мелкий заполнитель, кг	751
Крупный заполнитель, кг	789
Добавка суперпластификатор, кг	9
<b>Европейский Союз</b>	
Вода, кг	190
Портландцемент, кг	280
Известковый наполнитель, кг	245
Мелкий заполнитель, кг	865
Крупный заполнитель, кг	750
Добавка суперпластификатор, кг	4,2
<b>США</b>	
Вода, кг	180
Портландцемент, кг	357
Гранулированный шлак, кг	119
Мелкий заполнитель, кг	936
Крупный заполнитель, кг	684

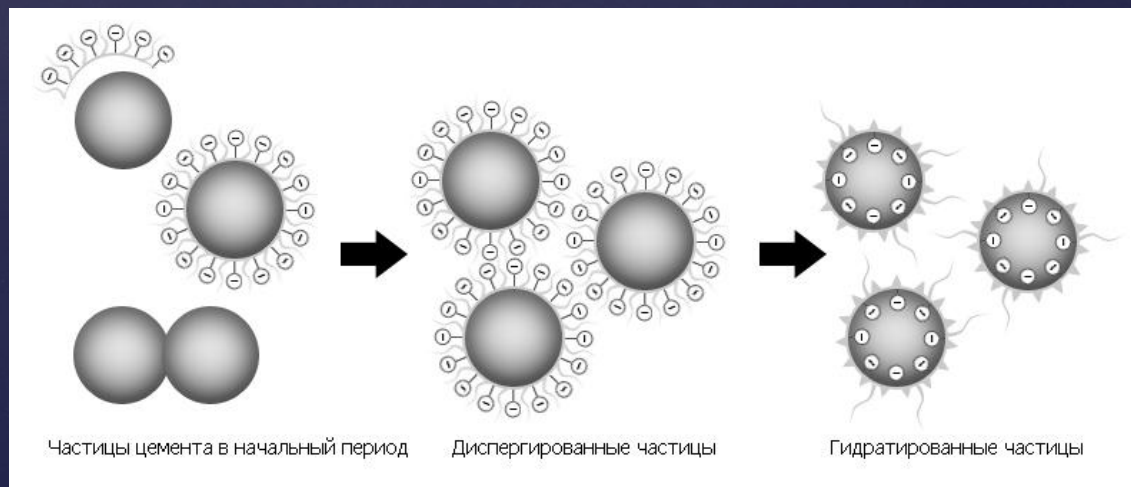
## Высокоэффективные суперпластификаторы (гиперпластификаторы) на базе модифицированных поликарбоксилатов

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.**

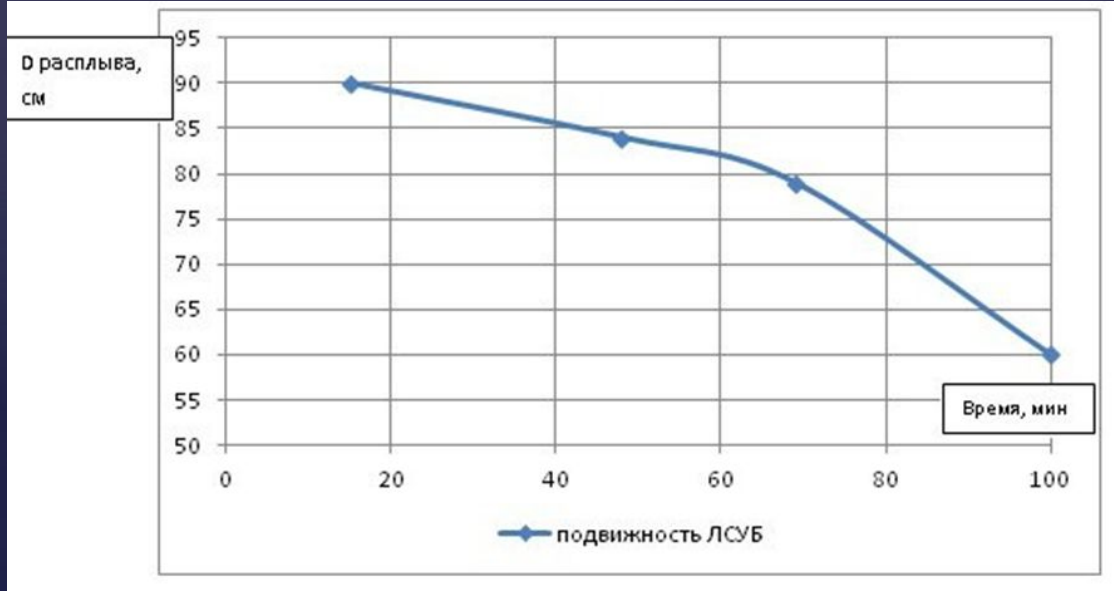
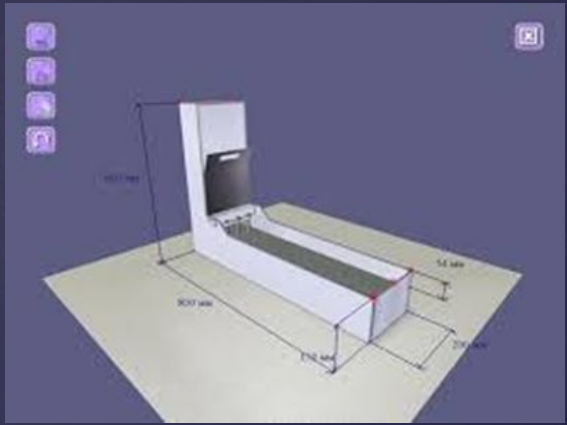
Длительность пластифицирующего эффекта поликарбоксилатов в 3-4 и более раза больше, чем при применении обычных суперпластификаторов за счет большой длины молекул поликарбоксилатов.



*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**

