

# Самоуплотняющиеся бетоны

Выполнил: Кочетков Р.С.  
ТСМИК

Проверил: Смирнов М.А.

# Определение

Самоуплотняющийся бетон - это бетон, который без воздействия дополнительной внешней уплотняющей энергии самостоятельно, под действием собственной тяжести и за счет высокой подвижности течет, освобождается от содержащегося в нем воздуха и полностью заполняет пространство опалубки, в том числе между арматурными стержнями.

При этом остаточный объем пор в самоуплотняющемся бетоне не больше, чем в обычном бетоне

# История и исследования

История самоуплотняющегося бетона началась в Японии в 1990 г. Там профессором Хайимой Окамурой было создано и внедрено в практику новое поколение добавок к бетону - высокоэффективные добавки для улучшения текучести на базе полиакрилата и поликарбоксилата. В результате удалось получить бетон, имеющий высокую пластичность при низком содержании воды.

# История и исследования

Исследования в Германии (Аахене) показали, что прочность на сжатие самоуплотняющегося бетона, как правило, выше, чем обычного "вибрируемого" бетона, а прочность на раскалывание, статический модуль упругости, усадка и ползучесть - такие же. Кроме того, материал обладал прекрасными свойствами по водонепроницаемости и, таким образом, был официально допущен и рекомендован для использования при сооружении водонепроницаемых сооружений. Бетон получил название "Dyckerhoff Liquidur" и, благодаря своим уникальным свойствам, стал активно распространяться по строительным площадкам Европы

# Свойства

- 1) Прочность на сжатие. При равном содержании цемента и водоцементном соотношении самоуплотняющийся бетон имеет более высокую прочность на сжатие за счет более плотного состава смеси.
- 2) Прочность на растяжение. При аналогичных показателях прочности на сжатие самоуплотняющийся бетон имеет более высокую прочность на растяжение по сравнению с обычным.
- 3) Связь "бетон - арматура". Поскольку самоуплотняющийся бетон обладает хорошей подвижностью и сцеплением между отдельными частицами, он обладает хорошими свойствами образования плотного соединения с арматурными стержнями. При этом расположение арматуры (верхний или нижний ряд стержней) не имеет значения.
- 4) Модуль упругости. Модуль упругости самоуплотняющегося бетона примерно на 15% ниже, чем у обычного бетона. Это связано с повышенным содержанием мелких пылевидных частиц в бетонной смеси и пониженным содержанием крупной фракции заполнителя по сравнению с обычным бетоном.

# Свойства

- прочность на сжатие через: 28 суток – 40÷80 МПа, 91 сутки – 55÷100 МПа;
- эластичность – 30÷36 ГПа;
- усадка ( $\times 10^{-6}$ ) – 600÷800;
- соотношение связующее/вода – 40/25%;
- количество содержащегося воздуха – 4,5÷6%.

# Свойства

Удобоукладываемость это способность бетонной смеси легко и в полном объёме заполнять форму, способность не расслаиваться на фракции при хранении (перевозке).

Марка по удобоукладываемости	ОК, см	РК, см	Жесткость, с
СУ3		76-85	
СУ2		66-75	
СУ1		55-65	
Р6		63 и более	
Р5		56-62	
Р4		49-55	
Р3		42-48	
Р2		35-41	
Р1		Менее 35	

# Состав бетонной смеси для уплотняющихся бетонов

Компоненты бетонной смеси	Расход составляющих на 1 м <sup>3</sup> бетонной смеси
Вода, кг	175
Портландцемент с пониженным тепловыделением, кг	530
Зола, кг	70
Мелкий заполнитель, кг	751
Крупный заполнитель, кг	789
Добавка суперпластификатор, кг	9

# Состав бетонной смеси для уплотняющихся бетонов

Для Европейского союза:

<b>Вода, кг</b>	<b>190</b>
<b>Портландцемент, кг</b>	<b>280</b>
<b>Известковый наполнитель, кг</b>	<b>245</b>
<b>Мелкий заполнитель, кг</b>	<b>865</b>
<b>Крупный заполнитель, кг</b>	<b>750</b>
<b>Добавка суперпластификатор, кг</b>	<b>4,2</b>

# Состав бетонной смеси для уплотняющихся бетонов

Для США:

<b>Вода, кг</b>	<b>180</b>
<b>Портландцемент, кг</b>	<b>357</b>
<b>Гранулированный шлак, кг</b>	<b>119</b>
<b>Мелкий заполнитель, кг</b>	<b>936</b>
<b>Крупный заполнитель, кг</b>	<b>684</b>
<b>Добавка суперпластификатор, мл</b>	<b>2500</b>

# Состав бетонной смеси для уплотняющихся бетонов

Для Индии:

<b>Вода, кг</b>	<b>163</b>
<b>Цемент, кг</b>	<b>330</b>
<b>Зола высококальциевая, кг</b>	<b>150</b>
<b>Крупный заполнитель 10 мм, кг</b>	<b>309</b>
<b>Крупный заполнитель 20 мм, кг</b>	<b>455</b>
<b>Мелкий заполнитель, кг</b>	<b>917</b>
<b>Добавка суперпластификатор, мл</b>	<b>2400</b>

# Требования к материалам

Для достижения высоких эксплуатационных характеристик самоуплотняющихся бетонов предъявляются очень жесткие требования к производственным материалам. Крупность мелкого заполнителя составляет не более 0,125 мм, причем 70 % из них размером 0,063 мм. Крупный заполнитель обязательно фракционируют по размерам 10–16 мм и 16–20 мм. Также допускается применение неорганических материалов с высокой удельной поверхностью, которые увеличивают водоудерживающую способность смеси (белая сажа, молотый асбест, бентониты).

Рецептуры самоуплотняющегося бетона по Окамуре базируются на следующих граничных условиях:

- насыпной объем заполнителя крупной фракции должен быть не более 50% объема бетона;
- объемная часть песка в растворе должна составлять 40%

# Материалы

## Пластифицирующие добавки

Механизм действия пластификаторов заключается в том, что частицы поликарбоксилатов адсорбируются на поверхности цементных зерен и сообщают им отрицательный заряд. В результате цементные зерна взаимно отталкиваются и приводят в движение цементный раствор (рис. 1). Только небольшая часть цементного зерна покрыта полимером, и свободной поверхности флоккулы (хлопьевидное скопление) состоящей из нескольких частиц цемента достаточно для доступа воды и протекания реакции гидратации. Отметим, что 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.

# Материалы

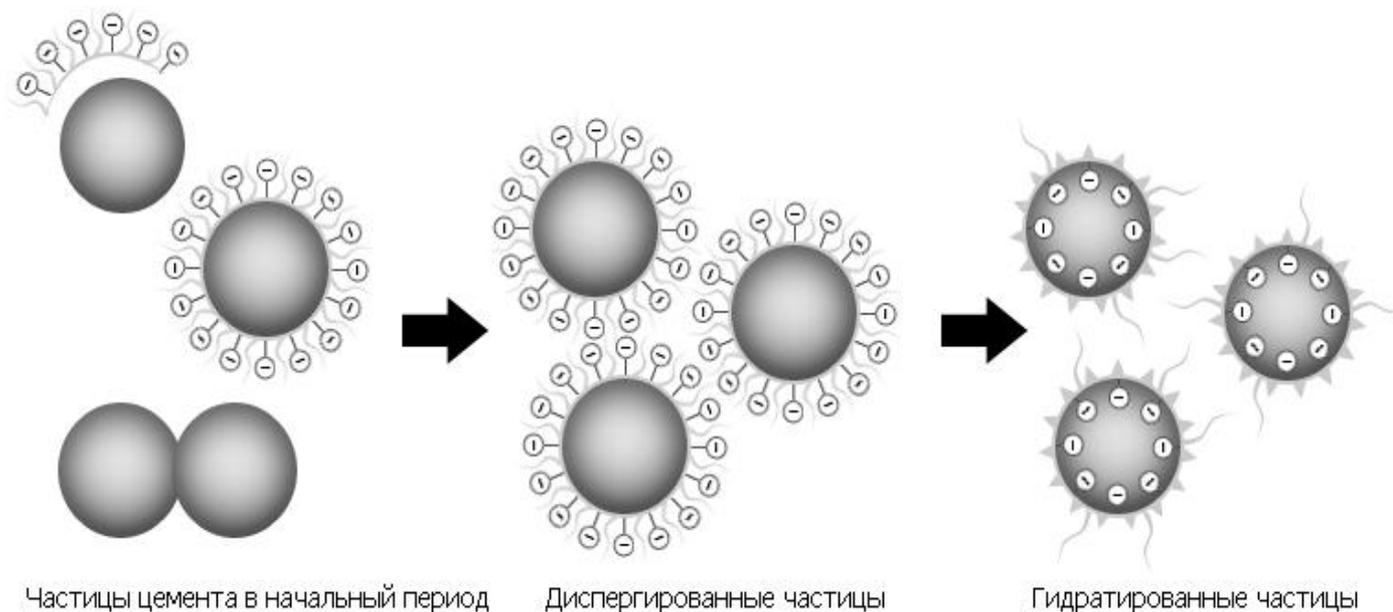


Рисунок 1. Механизм действия суперпластификатора

# Трещинообразование

Трещинообразование в самоуплотняющемся бетоне может развиваться не под воздействием агрессивной среды, а за счет термических напряжений, так как при возведении крупных сооружений объемы формуемых монолитных конструкций зачастую составляют десятки и даже тысячи кубических метров. Известно, что в течение небольшого промежутка времени вследствие экзотермического эффекта температура бетона значительно возрастает и может превысить температуру окружающей среды. При этом для 1 м<sup>3</sup> бетона разница температур между наружными и внутренними слоями может достигать 6–8 С.

# Выделение тепла при твердении

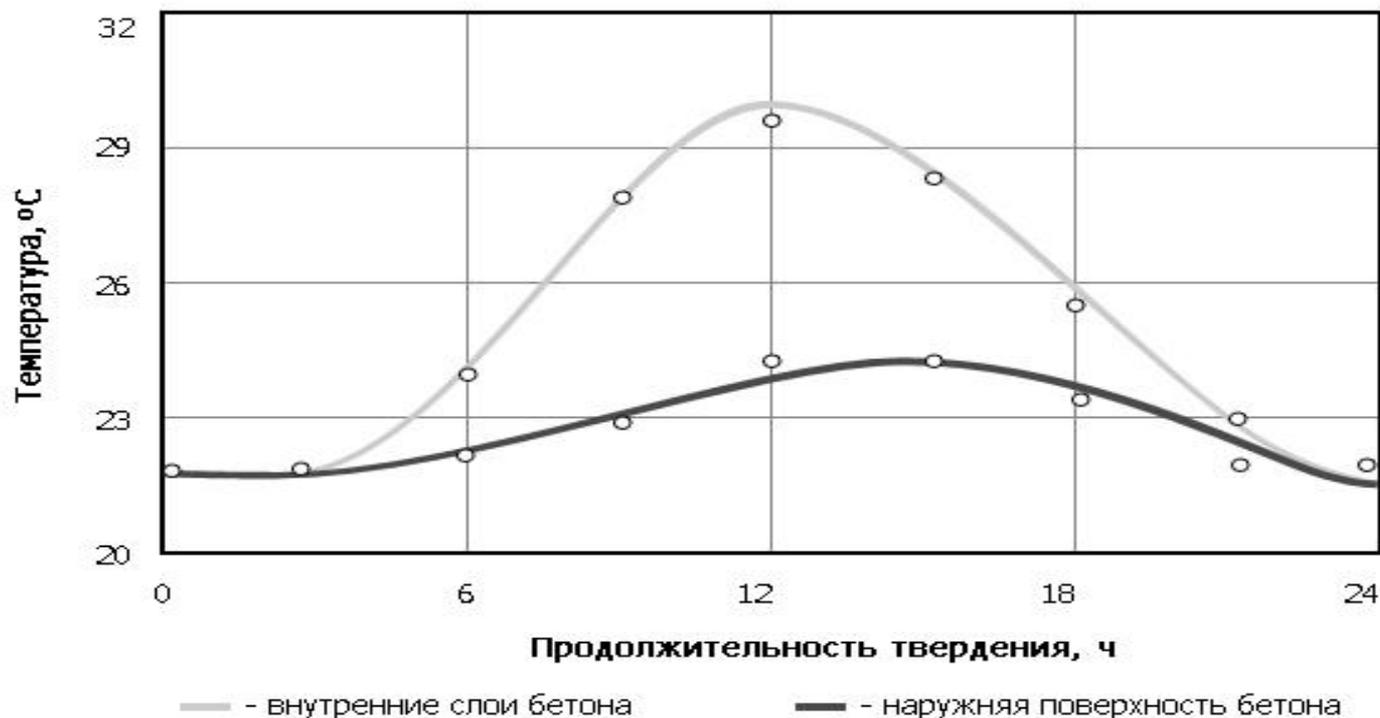


Рис. 2. Кинетика изменения температуры внутренних слоев и наружной поверхности бетона в процессе гидратации цемента

# Способы уменьшения тепловыделения

Для снижения внутренних напряжений и, соответственно, риска трещинообразования рекомендуется использовать вяжущие вещества с низким тепловыделением, незначительным содержанием щелочей, сульфатостойкий или шлакопортландцемент.

# Преимущества самоуплотняющегося бетона

Для заказчика - высокая безопасность капиталовложений за счет:

- возведения строительных конструкций высокой прочности, в которых исключены дефекты, вызванные ошибками при уплотнении бетонной смеси;
- сокращение продолжительности строительства.

# Преимущества

Для архитектора - широкий выбор форм конструкций и возможности придания конструкции заданного внешнего вида за счет:

- особой гладкой и плотной наружной поверхности бетона, которая в точности повторяет форму и поверхность опалубки;
- опалубки различной формы и структуры;
- возможности создания конструкции любой геометрии.

# Преимущества

Для проектировщика - свободный выбор геометрической формы конструкций, обеспечение их долговечной эксплуатации и упрощение разработки проекта производства работ за счет:

- снижения трудоемкости и продолжительности работ по бетонированию (отпадает необходимость в уплотнении);
- возможности более плотного расположения арматуры;
- прочного сцепления арматуры с бетоном и проникания бетона в самые труднодоступные места;
- возможности подачи бетона непосредственно через опалубку, например, через отверстие в ней;
- более простой и менее массивной конструкции опалубки (из-за отсутствия процесса вибрирования бетона динамические и статические нагрузки на опалубку значительно снижены).

# Преимущества

Для строительной фирмы, выполняющей работы на площадке, - более безопасное ведение строительных работ и сокращение затрат на зарплату персонала за счет:

- интенсификации возведения конструкций из бетона;
- отсутствия необходимости уплотнения бетона и исключения ошибок, которые могли бы возникнуть при его уплотнении;
- работы персонала в безопасных условиях;
- самостоятельного растекания бетонной смеси по всей конструкции;
- исключения возможности расслоения бетонной смеси;
- отсутствия шума и вибрации, негативно воздействующих на персонал и на проживающих рядом со строительной площадкой людей.

# Перспективы использования

На строительных площадках очень часто приходится сталкиваться с ситуациями, когда использование самоуплотняющегося бетона просто необходимо:

- при бетонировании на большой высоте или на воде, когда процесс уплотнения крайне затруднен, требует значительных средств и небезопасен для персонала;
- при бетонировании густоармированных конструкций, где обычный бетон не заполняет всю полость опалубки, что может впоследствии привести к появлению дефектов и преждевременной коррозии;
- при бетонировании конструкций сложной геометрической формы, а также конструкций, к которым предъявляются особые требования по качеству наружной поверхности;
- при бетонировании опор мостов, плотин, туннелей и других труднодоступных и ответственных сооружений, когда необходимо непрерывно подавать на объект большое количество бетона, а работа персонала крайне затруднена и небезопасна.

**Спасибо за внимание!**