

# Ускорители и замедлители схватывания и твердения бетона

## Химические добавки-ускорители вводят для:

---

- повышения ранней прочности бетона,
- уменьшения расхода цемента,
- сокращения времени тепловой обработки изделий,
- снижения температуры прогрева и времени предварительного выдерживания.

**Добавки-ускорители схватывания:** фтористый натрий ( $\text{NaF}$ ), сульфат калия ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), хлористый кальций ( $\text{CaCl}_2$ ), жидкое стекло (калиевое или натриевое).

**Добавки-ускорители твердения:** сульфат натрия ( $\text{CH}$ ), хлористый кальций ( $\text{XK}$ ), нитрат кальция ( $\text{HK}$ ), нитрит-нитрат-хлорид кальция ( $\text{HNXK}$ ), хлорид железа ( $\text{XЖ}$ ), формиат кальция ( $\text{ФК}$ ).

### По механизму действия добавки-ускорители делят на:

1. Электролиты, изменяющие растворимость вяжущих веществ.
2. Добавки, реагирующие с вяжущими веществами с образованием труднорастворимых или малодиссоциированных соединений.
3. Готовые центры кристаллизации (кристаллические затравки). Например, «кренты» - сульфатсодержащие твердые вещества, вводимые на стадии изготовления портландцемента .

# Ускорители и замедлители схватывания и твердения бетона

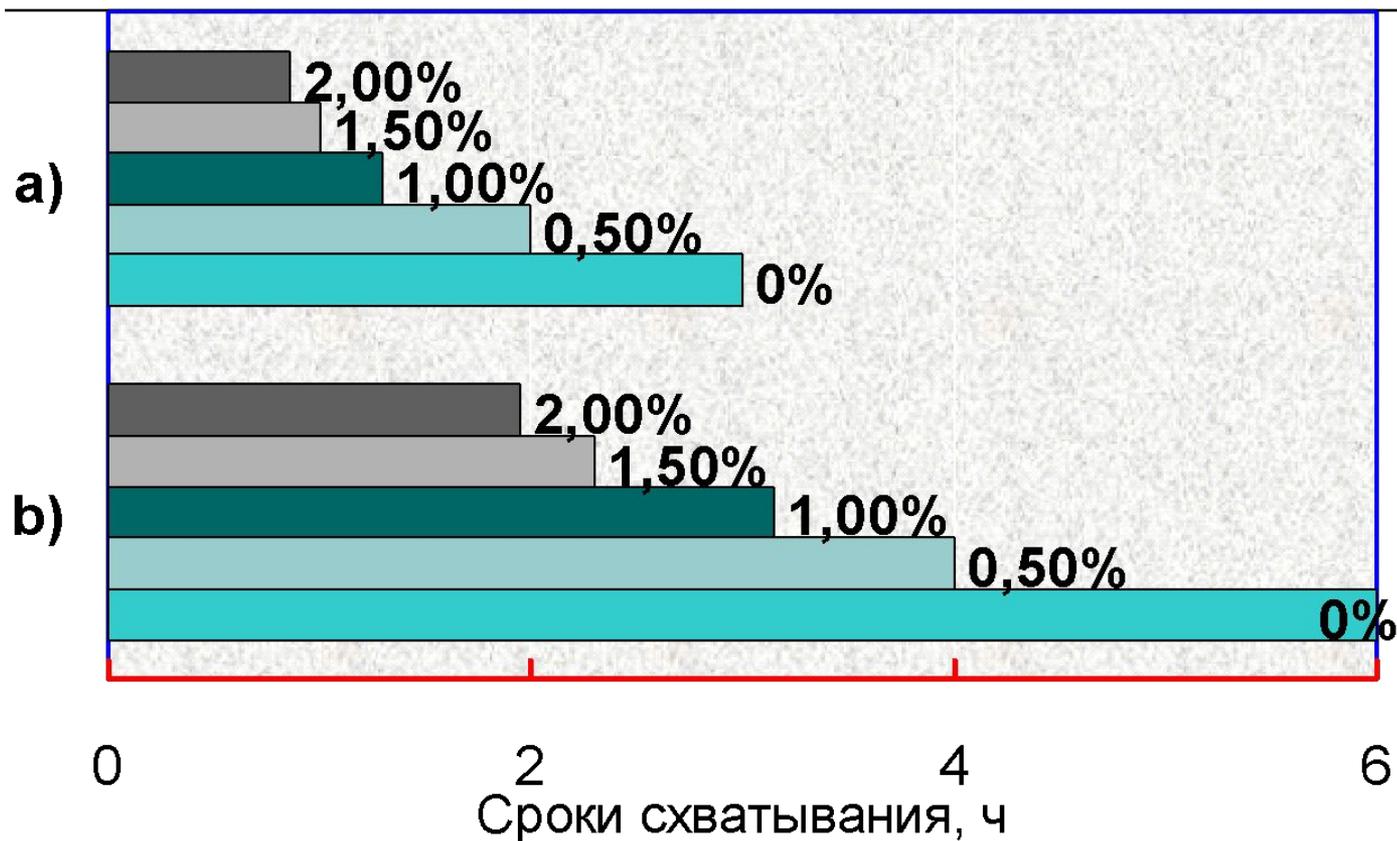


**Хлорид кальция (ХК) – патент 1885 г. (У.Миллар, С. Николс).**

Кальций хлористый при добавлении в раствор или в бетон в количестве 2% от массы цемента имеет следующие свойства:

- сокращение времени начала схватывания (ускоряющий эффект выше при низких температурах);
- повышение прочности при сжатии (влияние на прочность уменьшается со временем, конечная прочность может уменьшаться);
- снижение сульфатостойкости цемента;
- ускорение коррозии стальной арматуры;
- рост усадки бетона при высыхивании;
- снижение морозостойкости бетона в проектном возрасте;
- незначительное повышение удобоукладываемости и уменьшение водопотребности для получения равноподвижной смеси;
- уменьшение водоотделения бетонной смеси;

## Ускорители и замедлители схватывания и твердения бетона



Начало (а) и конец (б) схватывания цементного теста с разными дозировками хлорида кальция.



# Ускорители и замедлители схватывания и твердения бетона

Среди добавок ускорителей твердения органического происхождения высокой эффективностью обладает *формиат кальция (натрия)*, который ускоряет схватывание и твердение аналогично многим неорганическим солям.

Формиат кальция ( $\text{Ca}(\text{HCOOH})_2$ ) технический выпускается в виде кристаллического порошка белого или серого цвета, упакованного в мешки по 25 кг.

Формиат натрия ( $\text{NaCOOH}$ ) - натриевая соль муравьиной кислоты представляет собой белый порошок с высокой растворимостью в воде.

Ускорение твердения бетона вызывается главным образом тем, что формиат натрия изменяет растворимость силикатных составляющих цемента и образует с продуктами его гидратации двойные или основные соли. Поскольку кристаллизация солей происходит с увеличением объема, накопление их в отдельных зонах конструкций может привести к дефектам и разрушению этих зон.

Перспективными являются добавки **тиосульфата и роданида натрия** ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  и  $\text{NaSCH}$ ), которые по ускоряющему эффекту сходны с хлоридом кальция, но не вызывают коррозии арматуры.

# Ускорители и замедлители схватывания и твердения бетона

---

Добавки, **замедляющие схватывание**, необходимы при бетонировании в жаркую погоду, транспортировании бетонных смесей на значительные расстояния, для предотвращения быстрого загустевания и потери подвижности бетонных смесей, содержащих в своем составе суперпластификаторы, а также в ряде других случаев, в частности, при цементировании скважин.

**Замедлителями схватывания** являются: меласса, декстрин, ЛСТ, мылонафт в повышенных дозировках, животный клей. Это органические вещества, которые легко адсорбируются на поверхности растущих частиц продуктов гидратации цемента, особенно гидросиликатов кальция, создавая непроницаемую для воды пленку. Замедлители более эффективны для цементов с низким содержанием алюминатов кальция, так как последние или продукты их гидратации поглощают непропорционально большое количество замедлителя. В этой связи замедлители рекомендуется добавлять через 2...5 мин. после смешивания цемента с водой, так как алюминаты к этому времени уже частично прореагировали с гипсом и адсорбируют меньше замедлителя.

# Ускорители и замедлители схватывания и твердения бетона

---

**Замедлителями твердения** бетона являются соли цветных металлов:  $ZnSO_4$ ;  $ZnCl_2$ ;  $CuSO_4$ ,  $PbSO_4$ . По влиянию на сроки до начала схватывания неорганические соли с одинаковым анионом располагаются в следующий ряд:



Механизм торможения процессов гидратации вяжущего обусловлен образованием на поверхности частиц цемента гелеобразных защитных пленок из труднорастворимых гидроксидов этих металлов. Вследствие торможения процессов гидратации цемента добавки замедляют также начальную стадию твердения и раннюю прочность бетона, однако для заданного типа добавок этот эффект зависит от их дозировки и вида цемента.

**Замедлители твердения** обеспечивают снижение прочности бетона на 30% и более в возрасте до 7 суток. Дополнительный эффект – замедление схватывания бетона, повышение прочности бетона в возрасте 28 суток и более, снижение скорости (интенсивности) **тепловыделения**, снижение проницаемости бетона.

# Противоморозные добавки



1. Добавки, понижающие температуру замерзания жидкой фазы бетона и принадлежащие к числу либо слабых ускорителей, либо замедлителей схватывания и твердения цемента. К ним относятся некоторые сильные электролиты, такие как нитрит натрия (НН) –  $\text{NaNO}_2$ , хлорид натрия (ХН) –  $\text{NaCl}$ ; слабые электролиты, например водные растворы аммиака; неэлектролиты; вещества органического происхождения, например, многоатомные спирты и карбамид.

2. Добавки, совмещающие в себе способность к сильному ускорению процессов схватывания и твердения цементов с хорошими антифризными свойствами. К ним относятся поташ (П) –  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , добавки на основе хлорида кальция – смеси хлорида кальция с хлоридом натрия (ХК+ХН), нитритом натрия (ХК+НН), нитрит-нитратом кальция (ХК+ННК), мочевиной (ХК+М) и др.

# Противоморозные добавки



Поташ  $K_2CO_3$  (калий углекислый) по ГОСТ 10690-73 "Калий углекислый технический" представляет собой кристаллический порошок, хорошо растворимый в воде. Температура заморзания насыщенного раствора составляет  $-36,5^{\circ}C$ .

Поташ сильно ускоряет схватывание и твердение бетона и применяется при строительных работах в зимний период, если во время выдерживания до приобретения критической прочности температура бетона с максимальной дозировкой добавки не опустится ниже  $-25^{\circ}C$ .

## Основные недостатки:

- бетонные смеси характеризуются короткими сроками схватывания;
- снижение морозостойкости бетона;
- инициирование щелочной коррозии бетона;
- возникновение внутренних напряжений, приводящих к появлению микро- и макротрещин;
- потеря бетоном с электропрогревом до 30% прочности, снижение морозостойкости и водонепроницаемости.

# Комплексные химические добавки

---

Для получения эффекта полифункционального действия применяют комплексные добавки, включающие несколько компонентов.

Комплексные добавки можно условно разделить на пять групп:

- смеси ПАВ (I);
- смеси электролитов (II),
- смеси ПАВ и электролита (III),
- комплексные добавки на основе суперпластификаторов (IV),
- сложные многокомпонентные комплексные добавки (V).

В комплексных добавках **первой группы** наиболее часто применяют сочетание пластифицирующих компонентов диспергирующего действия и гидрофобизирующих воздухововлекающих (ЛСТ+СНВ) или гидрофобизирующих газообразующих компонентов (ЛСТ+ГКЖ-94). Комплексные добавки отличаются универсальным действием на бетонные смеси с **разным расходом цемента** (высоким или низким). Отдельные компоненты как бы дополняют друг друга, делая добавки более универсальными по отношению к **цементам разного минералогического состава**.

# Комплексные химические добавки

Комплексные добавки **II группы**, включающие ПАВ и электролиты, расширяют возможность модифицирования бетона и бетонной смеси. Введением электролитов регулируют темп твердения и улучшаются структурно-механические свойства бетона, например, повышается его плотность, а ПАВ позволяют регулировать подвижность бетонной смеси, ее воздухоудерживание и др. свойства (ЛСТ+СН; ЛСТ+ННХК; ЛСТ+ГКЖ-94+СН; ГКЖ-10+ НК). Вместе с тем, проектируя комплексные добавки II группы, необходимо учитывать, что некоторые компоненты могут обладать несовместимостью.

В комплексных добавках **III группы** сочетание электролитов с разным механизмом воздействия на бетонную смесь и бетон позволяет устранить недостатки некоторых однокомпонентных добавок и добиться полифункционального эффекта. Например, сочетание ускорителей твердения и ингибиторов (ННХК; ХК+НН; ННК) уменьшает опасность коррозии арматуры в железобетонных конструкциях, а сочетание поташа и алюмината натрия регулирует сроки схватывания бетонной смеси. Наиболее широко комплексные добавки III группы используют при зимнем бетонировании.

# Комплексные химические добавки

---

Комплексные добавки на основе суперпластификаторов (**IV группа**) являются наиболее эффективными и перспективными модификаторами свойств бетонной смеси и бетона. Основным путем реализации концепции бетонов нового поколения является модифицирование бетонов с использованием более совершенных и технологичных материалов. Это могут быть смесевые композиции из традиционных добавок в новых отпускных формах или специально синтезированные органические продукты.

Комплексная добавка на основе суперпластификатора и воздухововлекающей добавки, например, С-3+СНВ; С-3+ЛСТ+СНВ обеспечивает высокую морозостойкость и долговечность бетона.

К комплексным добавкам **V группы** можно отнести сложные многокомпонентные комплексы, предназначенные для специальных целей.

# Минеральные добавки в технологии бетона

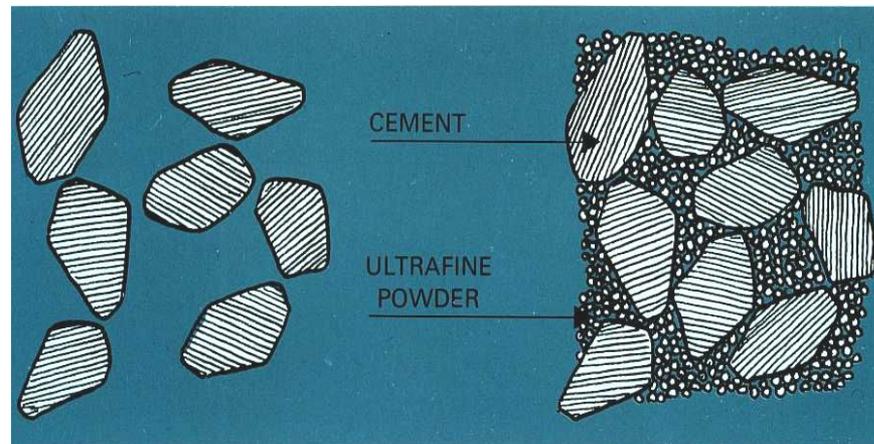


## *Silica fume* – микрокремнезем (кремнеземистая пыль)

Средний размер частиц  $< 1 \mu\text{m}$ ;  
Насыпная плотность  $130\text{-}430 \text{ kg/m}^3$ ;  
Истинная плотность  $2.2 \text{ g/cm}^3$ ;  
Удельная поверхность (ВЕТ)  $13000\text{-}30000 \text{ m}^2/\text{kg}$ ;  
Содержание аморфного оксида кремния  $80\text{-}90 \%$ .



Пыль, улавливаемая рукавными фильтрами (as-produced powder)



# Минеральные добавки в технологии бетона

## Золо-шлаковые смеси ТЭС



**Зола-унос**



**Шлак**

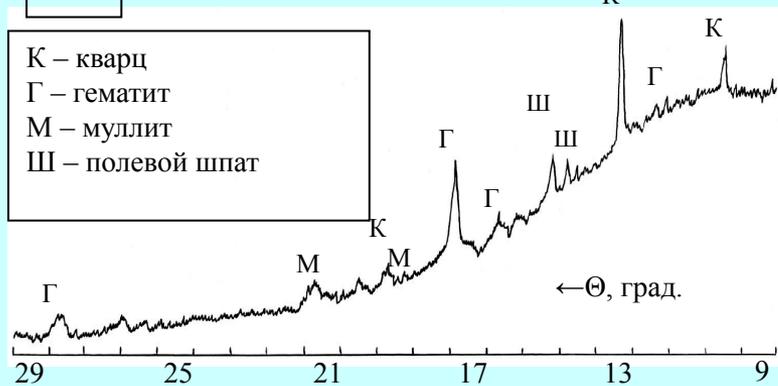


**Молотый шлак**

Материал	Content of oxides, wt %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	ППП
<b>ЗУ</b>	<b>53.6</b>	<b>21.8</b>	<b>15.4</b>	<b>0.8</b>	<b>2.5</b>	<b>1.0</b>	<b>2.8</b>	<b>0.02</b>	<b>1.31</b>
<b>МШС</b>	<b>55.7</b>	<b>22.4</b>	<b>15.0</b>	<b>0.8</b>	<b>2.1</b>	<b>1.6</b>	<b>3.1</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>

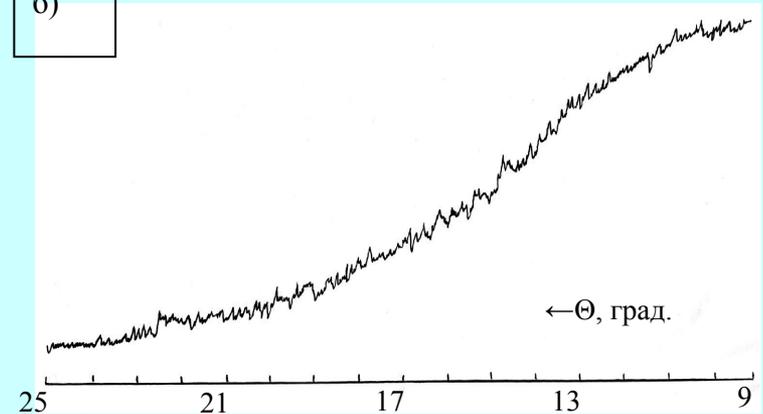
# Минеральные добавки в технологии бетона

а)

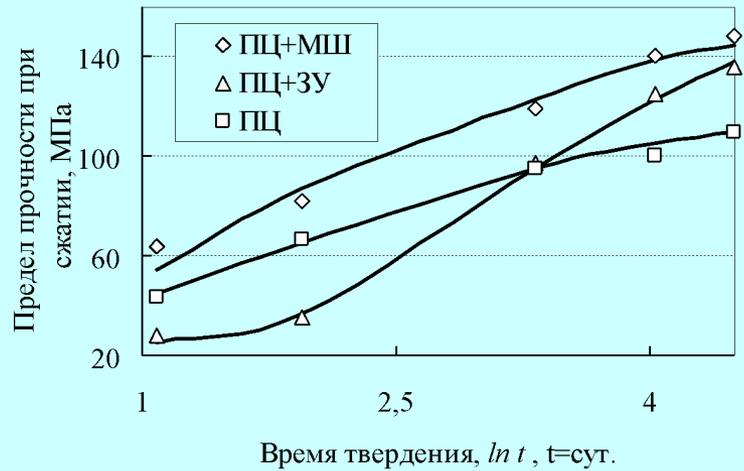
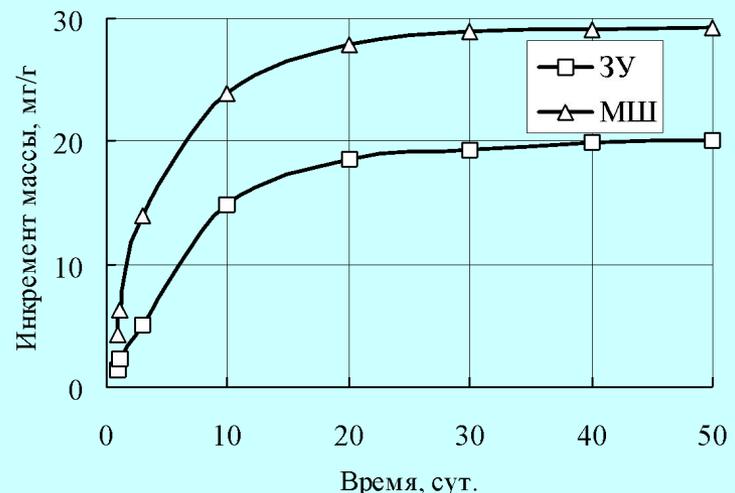


Зола-унос

б)



Молотый шлак



# Органо-минеральные модификаторы в технологии бетона

---



## **Sikacrete® PP1 HR**

Sikacrete-PP1 HR - порошкообразная, комплексная пластифицирующая добавка, для бетона на основе технологии микрокремнезема и полимеров с сильным разжижающим действием.

# Органо-минеральные модификаторы в технологии бетона



## Модификатор бетона Геокон G 12 - G 14

(ЗАО "Евроресурс Корп" г. Киев) - композиционный материал, минеральная часть которого состоит из высокоактивных оксидов кремния. Органическая часть представлена суперпластификатором, регуляторами сроков схватывания и др. добавками.

## Модификаторы бетона полифункционального действия серии «МБ»

порошкообразные композиционные материалы на органо-минеральной основе, минеральная часть которых состоит из микрокремнезема или его смеси с кислой золой-уноса или расширяющейся композицией, а органическая часть представлена суперпластификатором или его смесью с регулятором твердения и другими добавками. Модификаторы серии "МБ" предназначены для производства бетонов с высокими эксплуатационными свойствами, в том числе сверхвысокопрочных, которые обычно можно получить только благодаря совместному использованию специальных цементов с добавками микрокремнезема и суперпластификатора.

