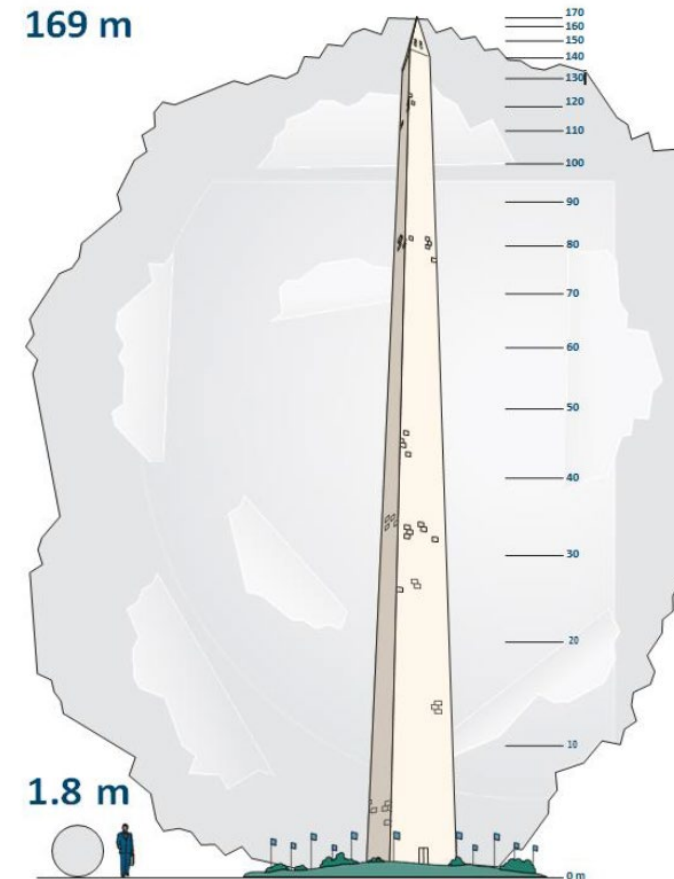
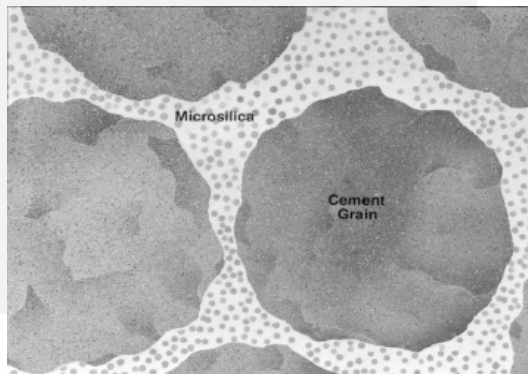


# «Применение МИКРОКРЕМНЕЗЕМА при производстве бетонной смеси»



# Что такое микрокремнезем

Микрокремнезем (МК), **побочный продукт ферросплавного производства**, представляет собой очень дисперсный легкий порошок с размером частиц порядка 0,1 мкм, что на два порядка меньше среднего размера зерна цемента. Это приводит к тому, что при смешивании бетонной смеси, модифицированной МК, каждая частица цемента окружена значительным числом мельчайших частиц  $\text{SiO}_2$ . В результате эти частицы  $\text{SiO}_2$  уплотняют цементный раствор, замещая собой часть щелочной жидкой фазы, что приводит к изменению различных характеристик образующегося цементного камня, росту прочности и сульфатостойкости бетона, снижению его водопроницаемости.



Если бы частичка микрокремнезема была размером с человека, то зерно цемента было бы с небоскреб

# Преимущества. Добавление кремнеземной пыли приводит к изменению микроструктуры бетона

## Физический аспект

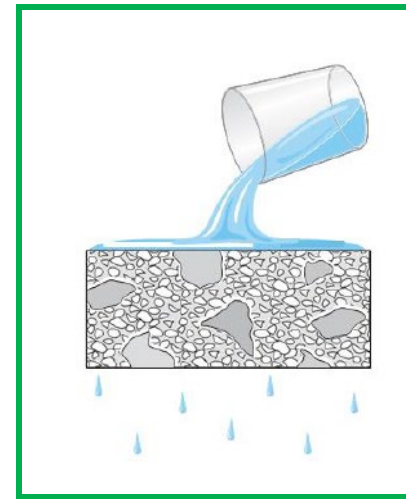
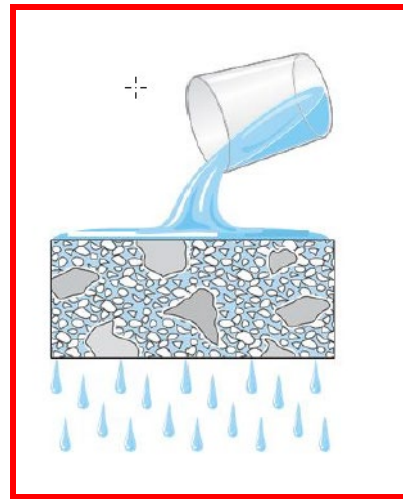
«эффект микро-наполнителя» - миллионы очень мелких частиц заполняют пространство между частицами крупного заполнителя, зернами цемента.

## Химический аспект

- улучшенные свойства цементирования за счет формирования дополнительного связующего материала (гидрат силиката кальция), образующегося в результате реакции кремнеземной пыли с высвобождающимся гидроксидом кальция.

Использование микрокремнезема значительно повышает такие эксплуатационные характеристики бетонов, как:

- прочность,
- морозостойкость,
- сульфатостойкость
- коррозионная стойкость,
- водонепроницаемость.



# >> Отечественный и мировой опыт использования



Несмотря на несомненные преимущества использования микрокремнезема при производстве товарного бетона, данная технология рассматривалась в России в основном теоретически в научных статьях. Реальные примеры применения микрокремнезема в бетоне для жилищного строительства единичны.

При этом, в 2020 году был принят **ГОСТ Р 58894-2020** «Микрокремнезем конденсированный для бетонов и строительных растворов. Технические условия»



# Применение микрокремнезема в мире. Примеры



Башня Бурдж-Халифа Дубай



Bandra Worli  
Sea Link  
(INDIA)

Storebælt Link  
(DENMARK)



East Sea Bridge  
(CHINA)



# Применение микрокремнезема в Китае. Примеры

- На крупнейшей в мире **русловой гидроэлектростанции** «Три ущелья» на реке Янцзы в качестве конструкционных материалов использовался бетон с порошком микрокремнезема.
- Бетон с микрокремнеземом имеет высокую плотность и высокое удельное сопротивление, не подвержен электрохимическим повреждениям и повышает коррозионную стойкость. В Китае примерами успешного применения являются **мост** Цинма в Гонконге, лесной **причал** Ляньюньган в провинции Цзянсу и мост через реку Янцзы Дафосы в Чунцине.
- Микрокремнезем используется в **сверхвысотных зданиях**
- Применение микрокремнезема для **дорожного покрытия** обеспечивает высокую износостойкость. Помимо этого, в случае применения микрокремнезема открытие дорожного движения происходит не через 28 (в случае обычного бетона), а через 3-7 дней. Пример – автострада Changsha-shenzhen-Expressway





## РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА

**ПРОВЕДЕНЫ  
ПРОМЫШЛЕННЫЕ  
ЭКСПЕРИМЕНТЫ С  
ДОБАВЛЕНИЕМ  
МИКРОКРЕМНЕЗЕМА  
В БЕТОН**





# Модификация состава

| Показатель                              | Было        | Стало       |
|-----------------------------------------|-------------|-------------|
| Себестоимость бетонной смеси, (за 1 м3) |             | <b>- 5%</b> |
| Прочность бетона, МПа                   | <b>32,1</b> | <b>51,4</b> |

В общей структуре себестоимости бетонной смеси цемент составляет ~ **54%**.

Было



**ЦЕМЕНТ**



**ПЕСОК**



**ЩЕБЕНЬ**



**ВОДА**

Стало



+

+



Снижение количества цемента и **замещение объема песком и микрокремнеземом.**



# Противоречие

Цемент



Цемент + МК



Стало



+



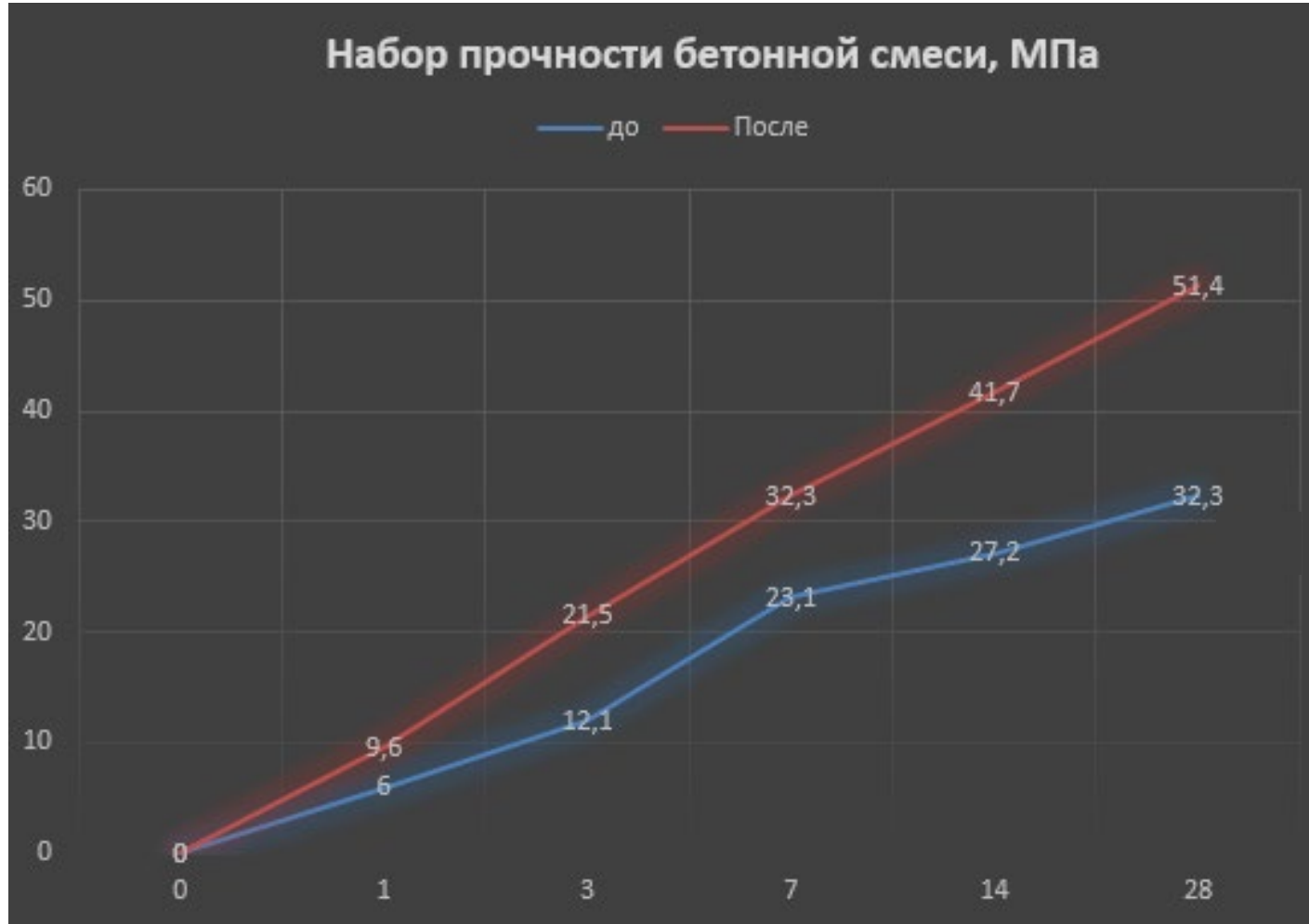
Разрешение противоречия.  
Конфликтующие параметры:  
«Удобоукладываемость-  
Водонепроницаемость»:

МК может снижать удобоукладываемость и требует использование большого количества воды. Однако, это приводит к повышению водопроницаемости (а значит к снижению долговечности).

Чтобы сохранить рабочие свойства смеси, рекомендуется использовать эффективные суперпластификаторы, которые снижают количество воды, необходимое для поддержания нужной удобоукладываемости.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ

## ГРАФИК НАБОРА ПРОЧНОСТИ БЕТОНА



### БЫЛО

На 1 сутки **6 МПа**  
На 3 сутки **12,1 МПа**  
На 7 сутки **23,1 МПа**  
На 14 сутки **27,2 МПа**  
На 28 сутки **32,3 МПа**

### СТАЛО

На 1 сутки **9,6 МПа**  
На 3 сутки **21,5 МПа**  
На 7 сутки **32,3 МПа**  
На 14 сутки **41,7 МПа**  
На 28 суток **51,4 МПа**





## Разработано и установлено оборудование

**МОДЕРНИЗИРОВАНА** ОДНА ИЗ  
УСТАНОВОК РБУ.  
NISBAU ВЫПУСКАЕТ ГОТОВУЮ  
ПРОДУКЦИЮ В ВИДЕ ТОВАРНОГО БЕТОНА  
С **ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА**

С **27.01.2024** ВЫПУЩЕНО **более 26000 м<sup>3</sup>** БЕТОННОЙ  
СМЕСИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА

ЖК «СЕВЕРНАЯ ДОЛИНА»



ЖК «ЮНТОЛОВО»

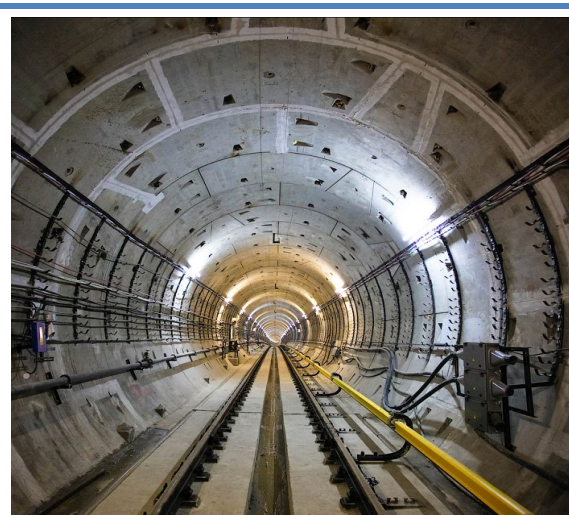
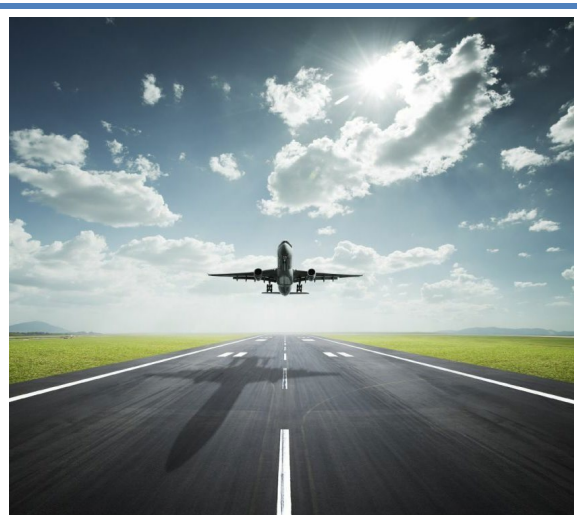




# ОЖИДАЕМЫЙ РЕЗУЛЬТАТ



# Потенциальные области применения бетонной смеси с микрокремнеземом на объектах Санкт-Петербурга



## Бетонные смеси

с добавлением микрокремнезема востребованы там, где есть повышенные требования к:

- **сроку** службы
- **прочности** бетона и срокам ее нарастания
- **проницаемости** бетона
- **защите** арматуры
- **морозостойкости**
- **воздействию** химических веществ
- снижению **себестоимости**



# Контакты

Главстрой СПб -  
Специализированный застройщик



Отдел развития ТРИЗ

Хоренян Ростислав Григорьевич

[Rostislav.Khorenian@glavstroy.ru](mailto:Rostislav.Khorenian@glavstroy.ru)

тел.: +7 (812) 622 1852 (5310)

