

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ МОДИФИКАТОРОВ ДЛЯ БЕТОНОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ю. Ю. ГАЛКИН

АСА ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, 2017



**ЕВРО
СИНТЕЗ**

ИНЖИНИРИНГ ПРОИЗВОДСТВО ОПТИМИЗАЦИЯ



Минеральные модификаторы для бетона

Тип I Активные

Тип II Инертные («наполнители»)

Зола-унос

Доменный шлак

Микрокремнезем

Метакаолин

Наносиликаты

Молотые горные породы с различным фракционным составом (песок, известняк, базальт)

Дисперсность
(удельная поверхность)

водопотребность

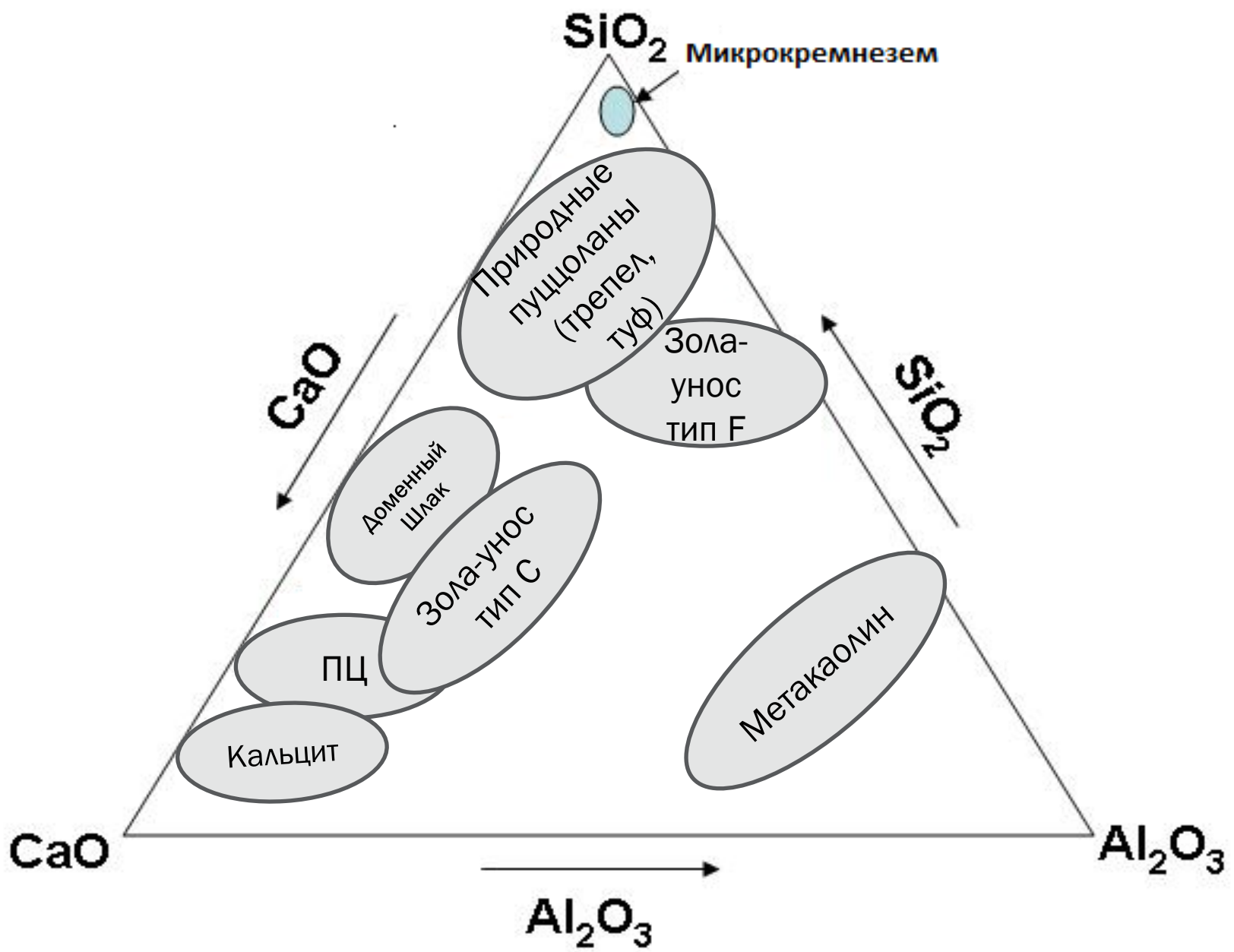
Характеристики МД

Связывание Ca(OH)_2
(пуццолановая активность)

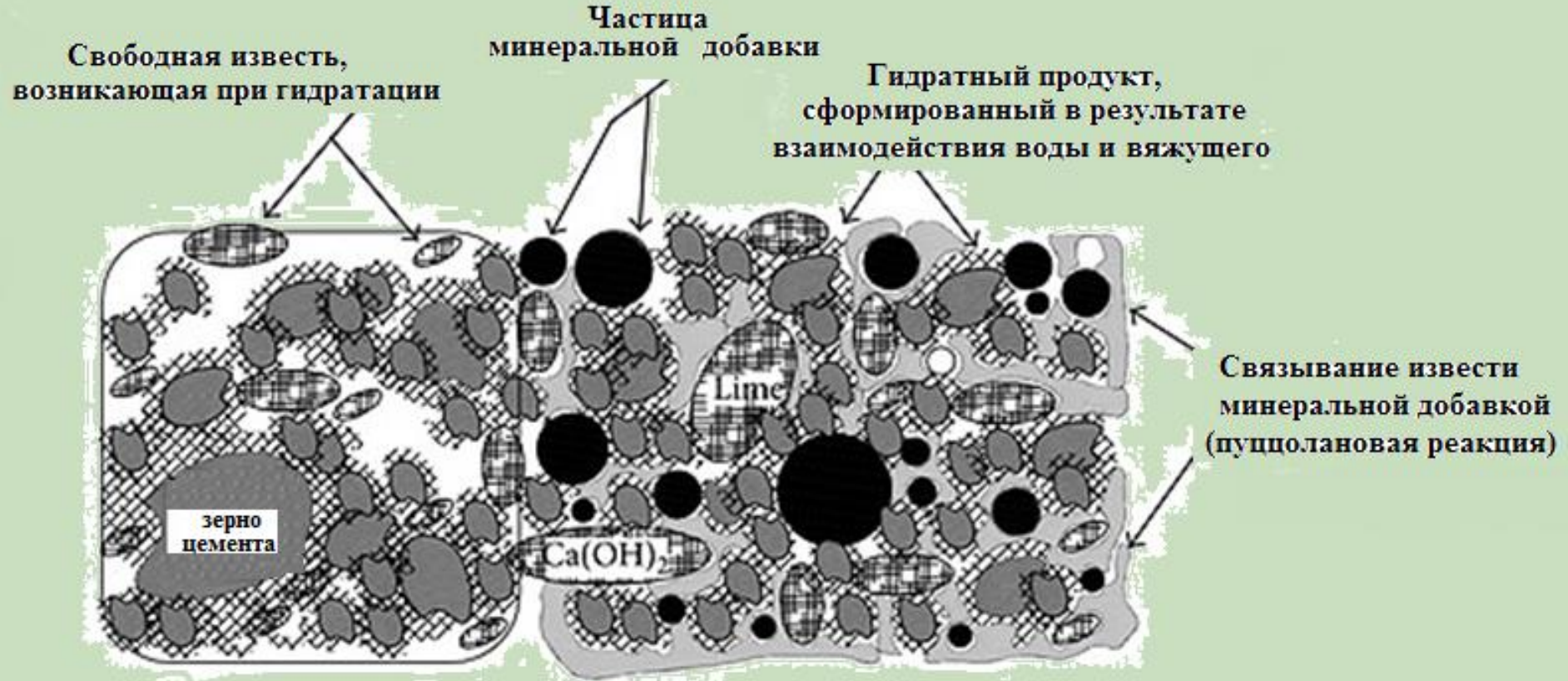
Коэффициент цементирующей эффективности K_c



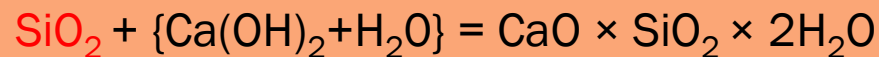
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МД ПО ОКСИДНОМУ СОСТАВУ В СРАВНЕНИИ С ПОРТЛАНДЦЕМЕНТОМ



АКТИВНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ДОБАВКИ

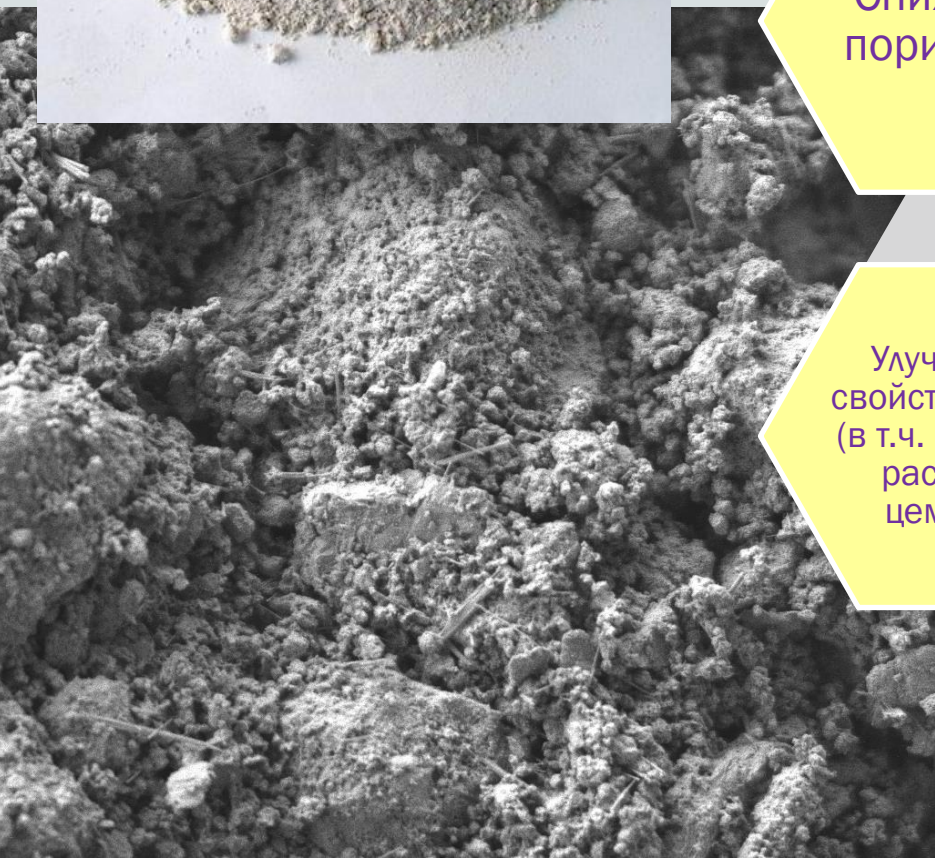


* Схема пуццолановой реакции: Tehmina A., Sadaqat U. K., Fareed A. M. Mechanical Characteristics of Hardened Concrete with Different Mineral Admixtures: A Review //Scientific World Journal, Vol. 2014, pp. 1-15



Химический состав добавки определяет морфологию получаемых продуктов (помимо CSH гидрогранаты, стратлингит, и гидроалюминаты вида $4\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 13\text{H}_2\text{O}$)

ИНЕРТНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ДОБАВКИ



Применение отсева дробления плотных горных пород при строительстве инфраструктурных объектов в г. Самаре

БСТ В35 F₂300 W12 П5 ГОСТ 7473

Требования к БС

Портландцемент
М500 ДО-Н
«Holcim»

Песок Мкр=2,8
«Шуранский»

Карбонатный
щебень фр. 5-
20мм М1200

Reotek DR5300

Суперпластификатор

Reotek Air 100

Воздухововлекающая
добавка



Документ о качестве

Портландцемент без минеральных добавок на основе клинкера нормированного состава марки 500

ПЦ 500-ДО-Н ГОСТ 10178-85

Сертификат соответствия РОСС RU.СЛ92.800903 № 0015003

Показатель	Единица измерения	Требования ГОСТ 10178		Значение
		МПК	МПК	
Нормальная густота цементного теста	%	не менее 15	не менее 15	27,20
Конечное схватывание	мин	не более 45	не более 45	30
Граничная ложность схватывания	дм/нет	не менее 32	не менее 32	30
Средняя прочность при сжатии после пропарки*	МПа	не менее 32	не менее 32	50,1
Средняя прочность при сжатии 3 суток	МПа	не менее 32	не менее 32	42,2
Содержание SO ₂	%	не более 3,5	не более 3,5	2,92
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов	Бк/кг	не более 370	не более 370	60,6

*Цement относится к I группе по эффективности пропаривания для марки М500

Гарантии изготовителя:
ООО «Холсим (Рус)» гарантирует соответствие цемента требованиям ГОСТ 10178-85 и ГОСТ 31020-2016 (ФАС) при соблюдении условий его транспортировки и хранения в течение 48 суток после отгрузки.

ООО «Холсим (Рус)» является членом Группы LafargeHolcim

СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ
ЛАБОРАТОРИЯ КАЧЕСТВА НЕРУДНЫХ
ООО «КАЗАНСКИЕ НЕРУДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ»
Свидетельство аттестации Госстандарта Республики Татарстан
№ 117-10 от 27.09.10г.
420054 Республика Татарстан, г. Казань,
ул. Магистральная, д. 35, тел. 70-01-171

№ 29 27 мая 2016г.

1. Пункт поставки: Месторождение «Шуранское»
2. Пункт отгрузки: ООО «Нефтьпроф»
3. Наименование материала: песок, обогащенный
4. Категория отгружаемого материала

Значения показателей качества	Требования ГОСТ 8736-93	Фактические
Влажность	4,2	4,2
Содержание органики более 5мм, %	До 10	1,3
Модуль крупности	2,8	2,8
Полный остаток на сите 0,63мм	30-40	43,2
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	до 3	0,3
В том числе глины в комках	до 0,25	Нет
Насыпной вес кг/м ³	1669	1669
Плотная плотность, г/см ³	2,64	2,64
Удельная эффективная активность радионуклидов, Бк/кг	370	19
Содержание вредных примесей: SiO ₂	50мкмоль/л	36,9
SO ₂	4%	0,05
Содержание органики, примесей	этанол	Свободно
		этанол

Заключение: песок соответствует требованиям ГОСТ 8736-93, гранный, I класса

Нач. лаборатория качества Т.А. Луны

НАЦИОНАЛЬНАЯ
НЕРУДНАЯ КОМПАНИЯ
ООО «Бияновский щебеночный завод»
Адрес: 446007, Чувашская область, г. Мордовия
ул. Ленин, 10/бывший завод
Тел: (81) 891 74 20

ПАСПОРТ КАЧЕСТВА № 14018
Щебень фракции 5-20
Средний состав и фактические значения по ГОСТ 8261-93
на основе лабораторных исследований от 06.06.2016
Декларация и соответствие ТС на РИ: Д.А.И.2140.В.00019
Срок действия: с 06.06.2016 по 06.06.2017

№ п/п	Наименование показателя	Испытания проводили по ГОСТ 8261-93		Требования ГОСТ 8261-93	Фактические значения
		Ф	Ф		
1	Зерновой состав (полные остатки) на контрольных ситах, %	2,50	15	до 0,5	—
		10	30	до 30	6,3
		20	50	до 50	56,7
2	Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	0,075	0,075	до 1,0	0,4
		0,15	0,15	до 1,0	0,7
3	Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	0,075	0,075	до 1,0	1,8
		0,15	0,15	до 1,0	4,0
4	Содержание органики, %	0,1	0,1	до 10	0,2
		0,2	0,2	до 10	0,2
5	Насыпная плотность, кг/м ³	1600	1600	не менее	1488
		1600	1600	не менее	1488
6	Плотная плотность, г/см ³	2,65	2,65	до 2,65	2,62
		2,65	2,65	до 2,65	2,62
7	Модуль крупности (по формуле)	2,8	2,8	не менее	2,8
		2,8	2,8	не менее	2,8
8	Мерка по истеряемости	100	100	не более	100
		100	100	не более	100
9	Удельная эффективная активность радионуклидов, Бк/кг	370	370	до 370	16,00
		370	370	до 370	16,00
10	Содержание вредных примесей: SiO ₂	50мкмоль/л	50мкмоль/л	до 50мкмоль/л	36,9
		50мкмоль/л	50мкмоль/л	до 50мкмоль/л	36,9
11	Содержание вредных примесей: SO ₂	4%	4%	до 4%	0,05
		4%	4%	до 4%	0,05

Срок годности: 12 месяцев
Щебень из этого материала не применяется для строительства работ фр. 5-20мм
ООО «Бияновский щебеночный завод» гарантирует соответствие требованиям ГОСТ 8261-93

ООО «Бияновский щебеночный завод»
119100, Чувашская область, г. Мордовия, ул. Ленин, 10/бывший завод
Телефон: (81) 891 74 20, факс: (81) 891 74 20, сайт: www.biyano.ru

В КАЧЕСТВЕ ОБОГАЩАЮЩЕЙ ДОБАВКИ ПРИМЕНЯЛСЯ ОТСЕВ ЩЕБНЯ «НОВООРСКИЙ» ($M_{кр}=2,6$, ГОСТ 31424-2010)

Наименование показателей	ш,г (до испытания)	ш,г (после испытания)	Результат	Требования ГОСТ 31424-2010
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	1000,0	936	6,4	Не более 10,0

Наименование показателей	Результат	Требования ГОСТ 31424-2010
Модуль крупности	2,6	Св 2,5 до 3,0
Группа песка	Крупный	
Полный остаток на сите 0,63, % по массе	56,2	Св 45 до 65
Содержание зерен крупностью менее 0,16 мм, % по массе	19,4	Не более 15
Содержание зерен крупностью св. 5,0 мм, % по массе	8,4	Не более 12
Содержание зерен крупностью св. 10 мм, % по массе	0	Не более 2

Наименование показателей	шв,г (проба во влажном сост.)	ш,г (проба в сухом сост.)	Результат	Требования ГОСТ 31424-2010
Влажность, %	6231,5	6104,1	2,1	Не нормируется

Гранулометрический (зерновой) состав

Размеры отверстий сит, мм	Граммы	Частные остатки, %	Полные остатки, %	Полные проходы, %
10	0	0		
5	167,3	8,4		
2,5	166	16,8	16,8	83,2
1,25	211	21,1	37,9	62,1
0,63	188	18,3	56,2	43,8
0,315	129	12,9	69,1	30,9
0,16	115	11,5	80,6	19,4
Мельче 0,16	194	19,4	100	0

Разработанный номинальный состав бетонной смеси для транспортных сооружений (кг/м³)

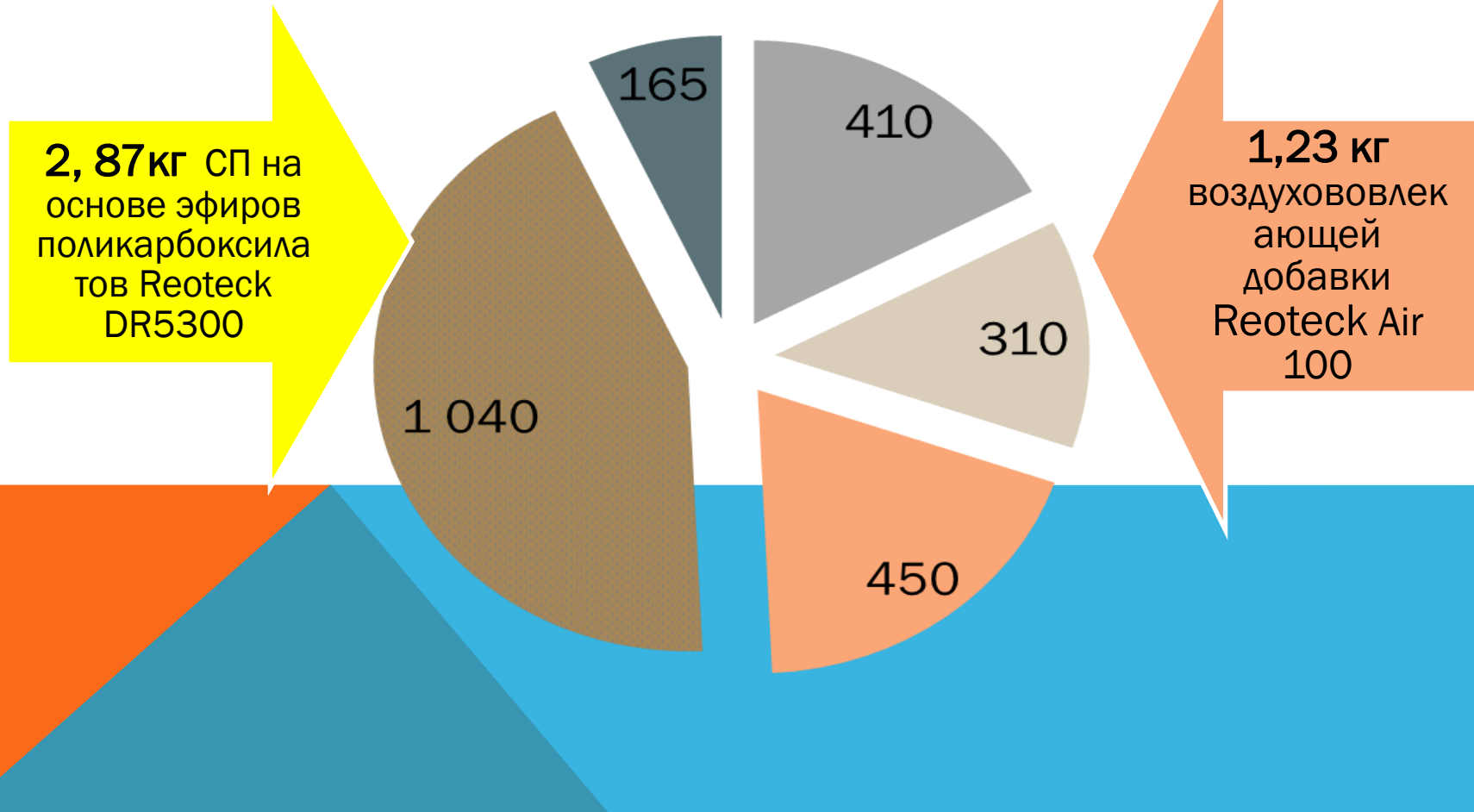
■ портландцемент

■ Песок Мкр=2,8

■ Вода

■ Отсев дробления щебня

■ Щебень 5-20мм М1200



Морозостойкость F₂₃₀₀

Класс В50
(проектный В35)

W20 (по
проекту W12)

Фактические
показатели бетона,
залитого в конструктив

Марка по удобоукладываемости П5 (ОК на
месте укладки 22-23 см)

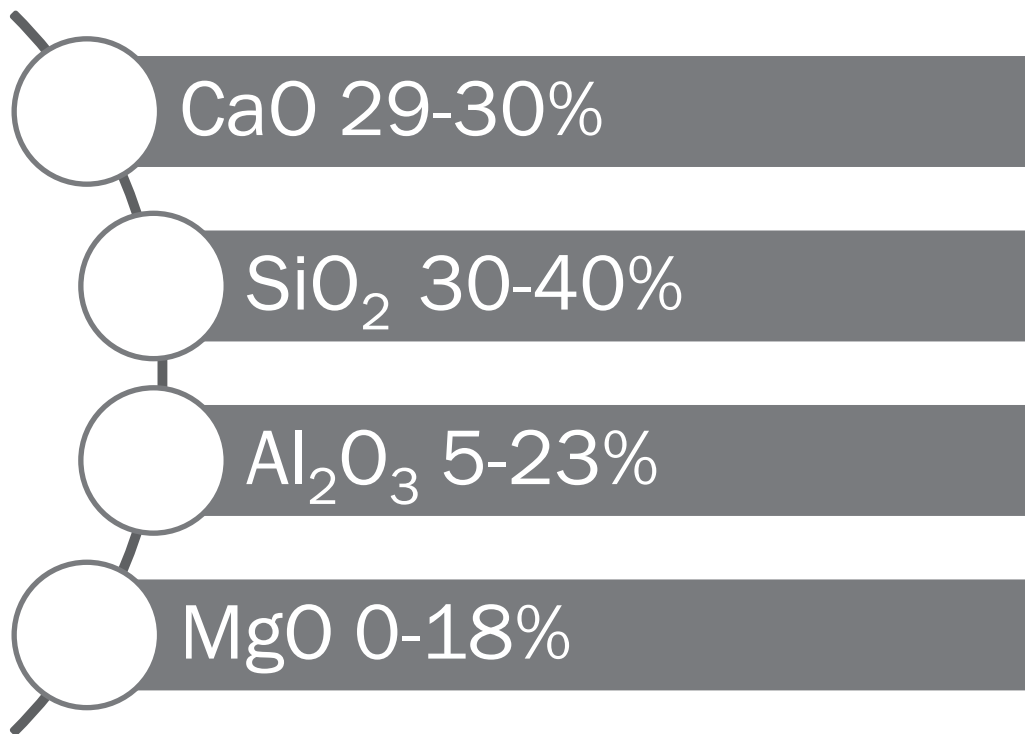




ШЛАК ДОМЕННЫЙ ГРАНУЛИРОВАННЫЙ



**Эффективность
применения в бетонах**



Шлак как модификатор при производстве железобетонных изделий (г. Екатеринбург)

- 1) Традиционно высокие расходы цемента на заводах ЖБИ обеспечивают повышенную эффективность замены части вяжущего шлаком в сравнении с РБУ, выпускающими товарные бетонные смеси;
- 2) Складирование без дополнительных затрат (наличие силоса);
- 3) Потери прочности после ТВО могут быть компенсированы снижением водопотребности в присутствии СП на основе РСЕ, применение которых на заводах сборного железобетона с каждым годом увеличивается



Результаты промышленной апробации (на примере выпускаемых свай С90.30-10 из бетона В25 F200 W10)



Наименование компонента БС	На предприятии до испытаний (кг/м ³) T=71-72°C	Со сниженным расходом и шлаком - № 1 (кг/м ³) T=61-63°C	Со сниженным расходом и шлаком - № 2 (кг/м ³) T=61-63°C
ПЦ М500 Д0	470	360	340
Песок Мкр=1,2	620	650	655
Щебень 5-20мм М1000	1120	1140	1140
вода	190	190	185
суперпластификатор	6,58 (СП-1)	2,3 (Reotek DR 8200)	2,3 (Reotek DR 8200)
Шлак доменный тонкомолотый	-	100	120
ОК Абрамса, см	7	6,5	5,5
Рсж после ТВО, МПа	41,5	35,3	32,4
Экономический эффект, руб	-	98	130

Применение в литых смесях (с расплывом 72-80 см без расслоения)



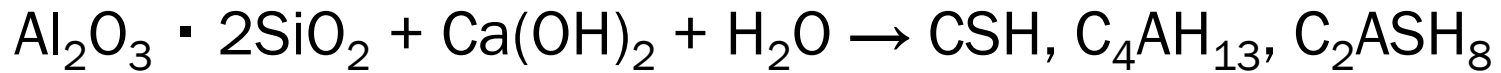
Материалы	Расход, кг/м ³
Цемент	300
Щебень 5-20мм М1000	800
Песок Мкр=3,2	760
Шлак	300
ReoTeck DR 8500	3,3

Метакаолин- высокодисперсный алюмосиликат, обладающий пуццолановой активностью и образующий в результате обжига каолиновых глин ($\text{Al}_2(\text{OH})_4[\text{Si}_2\text{O}_5]$) при $650-750^\circ\text{C}$

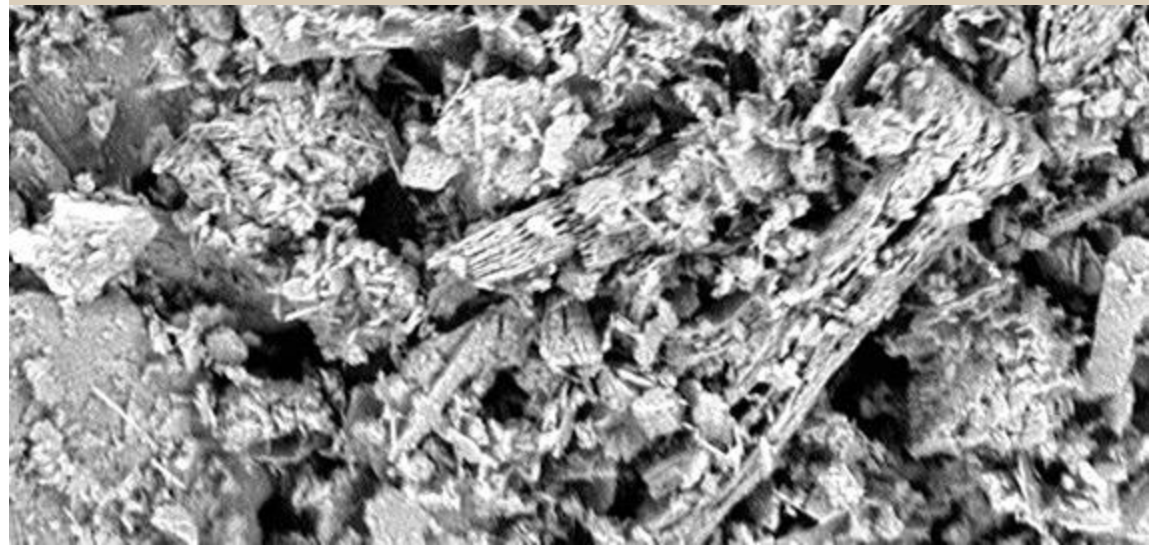
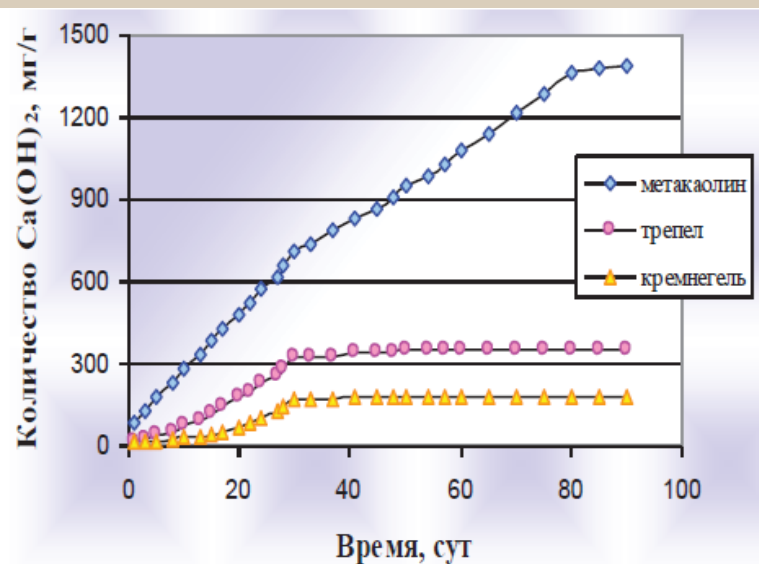


№ п/п	Название показателя	Значение показателя
1	Массовая доля Al_2O_3 , не менее, %	40
2	Массовая доля SiO_2 , не менее, %	50
3	Массовая доля Fe_2O_3 , не более, %	2
4	Потери при прокаливании, не более, %	1
5	Насыпная плотность, кг/м^3	не менее 350 не более 600
6	Влажность, не более, %	1
7	Тонкость помола (остаток на сите № 0063), не более, %	2
8	Индекс активности (I_a), не менее, %	90
9	Снижение водоотделения бетонной смеси (по сравнению с контрольным составом)	не менее 50%
10	Снижение раствороотделения бетонной смеси (по сравнению с контрольным составом)	не менее 50%

Метакаолин - эффективный искусственный пуццолан и модификатор бетона



- Увеличение числа новообразований и их разнообразие ведет к снижению пористости и получению более плотной структуры
- Образование гидроалюминатов способствует ускорению набора прочности на ранних этапах твердения
- Рекомендуется применение эффективных СП и ГП вследствие повышенной водопотребности смесей с метакаолином
- Снижение водоотделения (не менее 50%) обуславливает его применение для литых нерасслаивающихся бетонных смесей и сухих строительных смесей



Применение алюмосиликат-содержащей добавки Metabond® в качестве модификатора для повышения водонепроницаемости

Конструктив: железобетонные плиты покрытия, подпорные стены, пилоны подземных парковок (вместимость каждой до 250 машиномест)

Проектные требования к бетону: бетон В30 F200 W10 ГОСТ 26633-2012

Требования к бетонной смеси: БСТ В30 П5 F200 W10 ГОСТ 7473-2010, сохраняемость свойств 90 минут

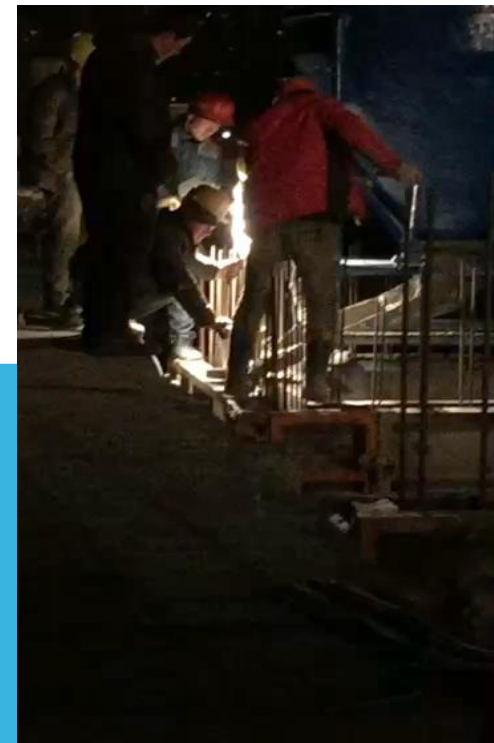
Дополнительно:

- расход цемента не более 360 кг/м³,
 - прочность не менее 10 МПа
- через 6 часов после укладки



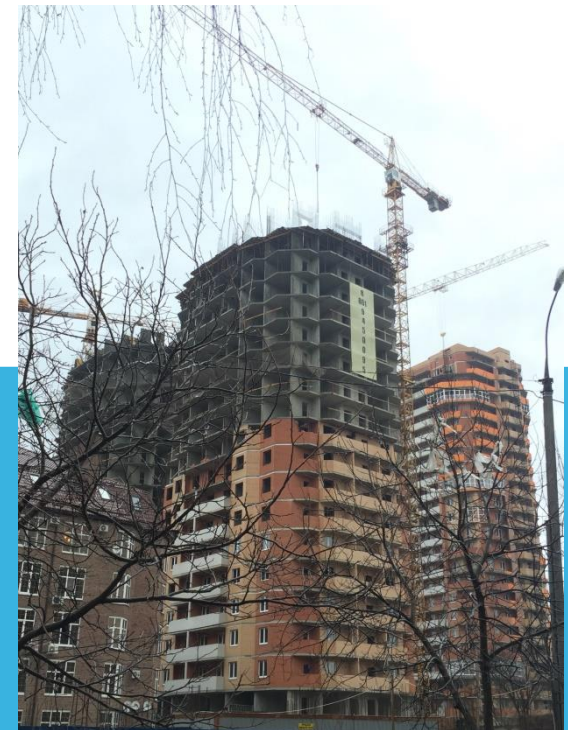
Разработанный состав бетонной смеси (кг/м³)

- Портландцемент «Атакайцемент» Цем I 42,5Н 360
- Metabond® PW (ООО «Евросинтез») 32
- Песок «Оникс», Мкр=2,7 870
- Щебень М1000 фр. 5-20 мм «Оникс» 970
- Вода 185
- Суперпластификатор Reotek® 20F 4,7

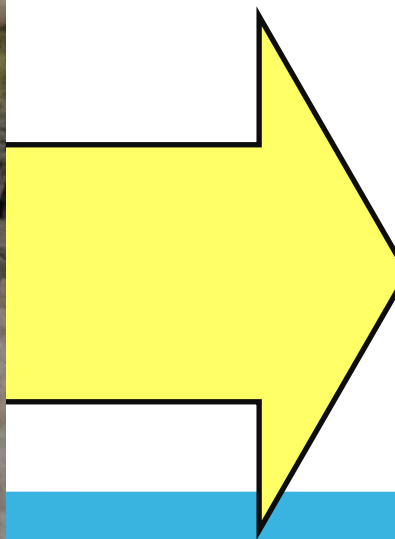


Достигнутые показатели

1. Предел прочности на сжатие составил $R_{пр}=46-48$ МПа;
2. Марка по водонепроницаемости W10;
3. На протяжении всего технологического цикла (приготовление БС, транспортировка и укладка в конструктив составляли 100-120 минут) были удовлетворены требования по удобоукладываемости (осадка конуса с 23 см снижалась до 20 см);
4. Марка по морозостойкости F200;



При производстве мелкозернистых бетонных смесей благодаря введению метакаолина снижается % лома при распалубке изделий тонкого сечения из декоративного камня



Дозировка ВМК Metabond в дозировке 5% от массы вяжущего

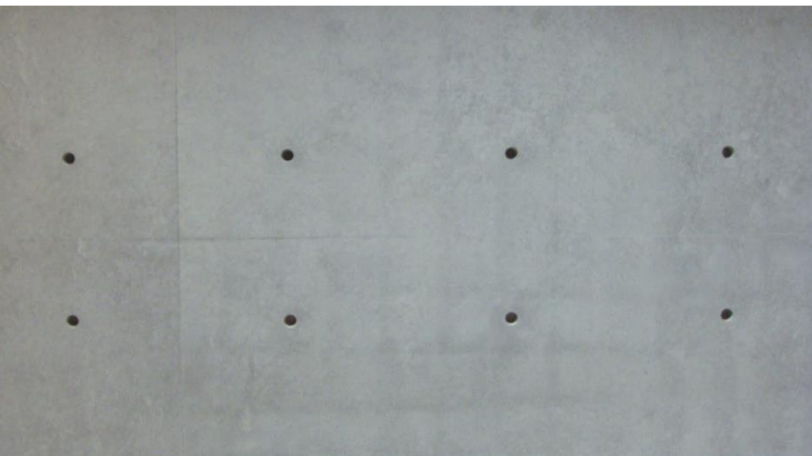
Комбинирование МД при проектировании состава самоуплотняющейся бетонной смеси



- Проектный класс бетона В60
- Удобоукладываемость SF2 (660-750мм)
- Сохраняемость 120 минут
- Категория поверхности А1



Материалы	Расход, кг/м ³
Цемент	450
Щебень 5-10мм M1000	810
Песок Мкр=2,5	810
Metabond PW	65
Минеральный порошок	85
Вода	190
ReoTeck DR 5300	6



Благодарю за внимание!

