

Тюменский государственный архитектурно-
строительный университет

кафедра Строительные Материалы

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНОВ

Исполнители: студенты группы ПСК-51
Кочева А.Ю., Морозова Е.А.,
Севостьянова Т.В.

Руководители: к.т.н., доцент, зав. каф. СМ
Зимакова Галина Александровна,
доцент кафедры Каспер Елена Александровна

2009 г

Современные методы повышения строительно-технических свойств бетонов

Результаты работы:

- Доклад на научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и соискателей МГАСУ, октябрь 2009
- Доклад на V межрегиональной конференции Сухой Лог
- Внедрение результатов в технологию производства ЖБИ-5



Современный уровень технологии позволяет представить концепцию развития бетонов:

- Высокие физико-технические характеристики бетонов: класс по прочности В40...В80, низкая проницаемость (эквивалентная маркам W12...W20), низкая усадка и ползучесть, повышенная коррозионная стойкость и долговечность, т.е. характеристики, сочетание которых или преобладание одной из которых обеспечивает высокую надежность конструкций в зависимости от условий эксплуатации;
- Доступная технология производства бетонных смесей и бетонов с вышеуказанными характеристиками, основанная на использовании традиционных материалов и сложившейся производственной базы

Основной путь реализации концепции:

- Внедрение различных приемов модифицирования бетонов с использованием более совершенных и технологичных материалов и модернизацией способов переработки.

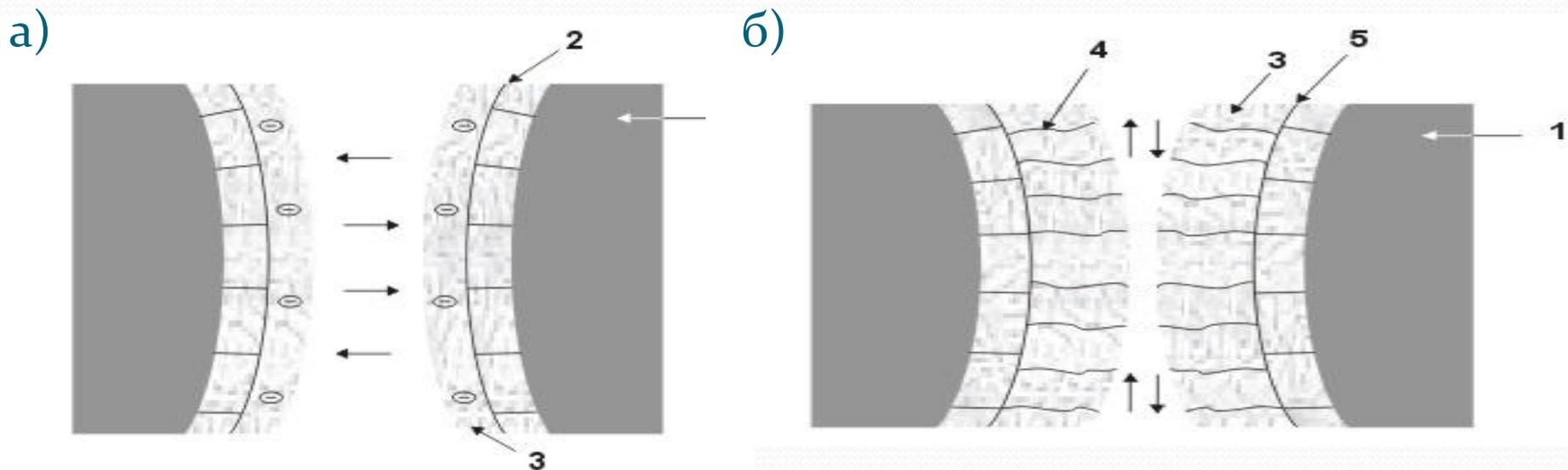
В качестве модификаторов должны быть использованы смесевые композиции из традиционных добавок в новых отпускных формах или специально синтезированные органические продукты.

- Применение цементов оптимального гранулометрического состава.
- Внедрение приемов гидромеханохимической активации бетонных смесей.

Классификация суперпластификаторов

Обозначение	Классификация СП	
	по составу	по основному эффекту в механизме действия
НФ	На основе сульфированных нафталин-формальдегидных поликонденсатов	электростатический
МФ	На основе сульфированных меламинформальдегидных поликонденсатов	электростатический
ЛСТ	На основе очищенных от сахаров лигносульфонатов	электростатический
П	На основе поликарбоксилатов и полиакрилатов	стерический

Электростатический и стерический механизм пластификации и стабилизации цементной суспензии



а) электростатический эффект
эффект

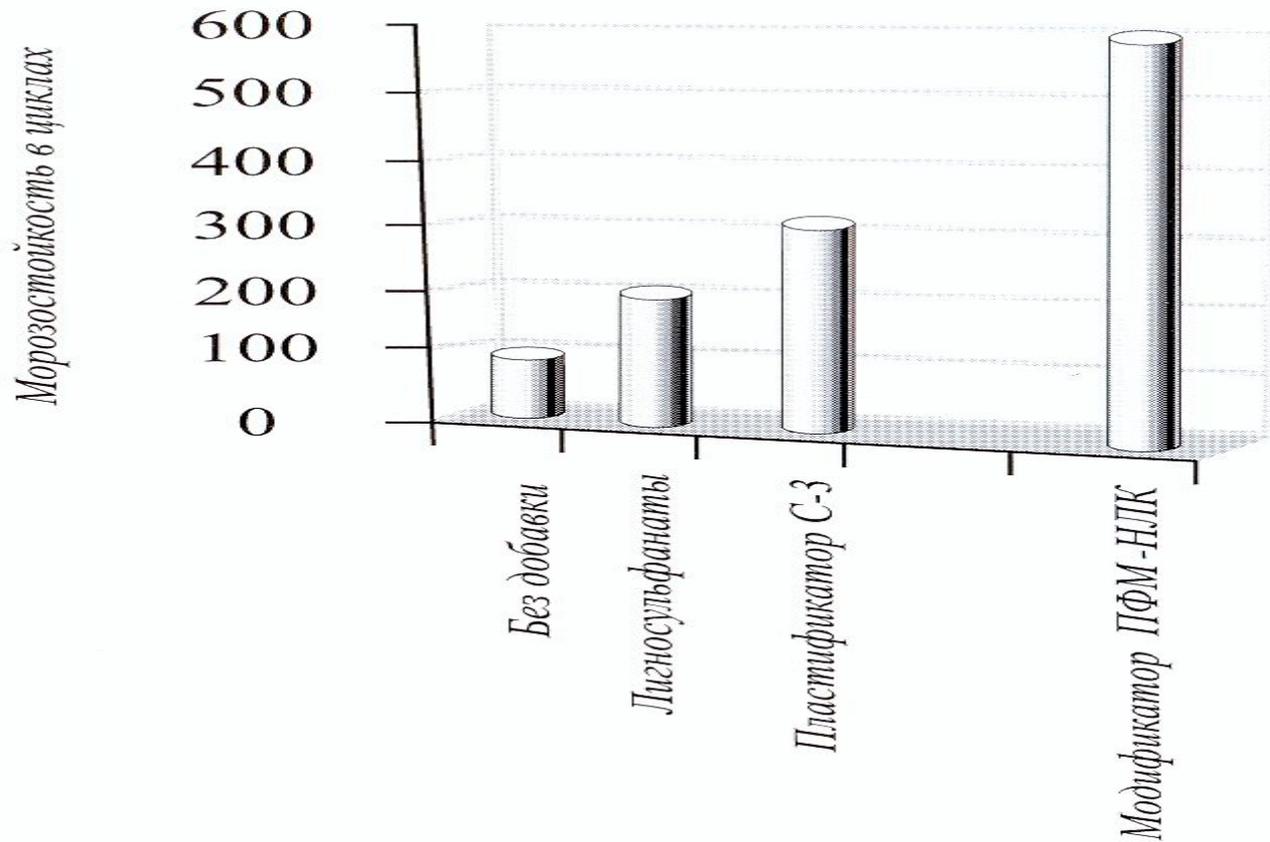
б) стерический

1-частицы цемента; 2-молекулярная цепь; 3-адсорбционный слой;
4-поперечная полимерная цепь; 5-продольная полимерная цепь.

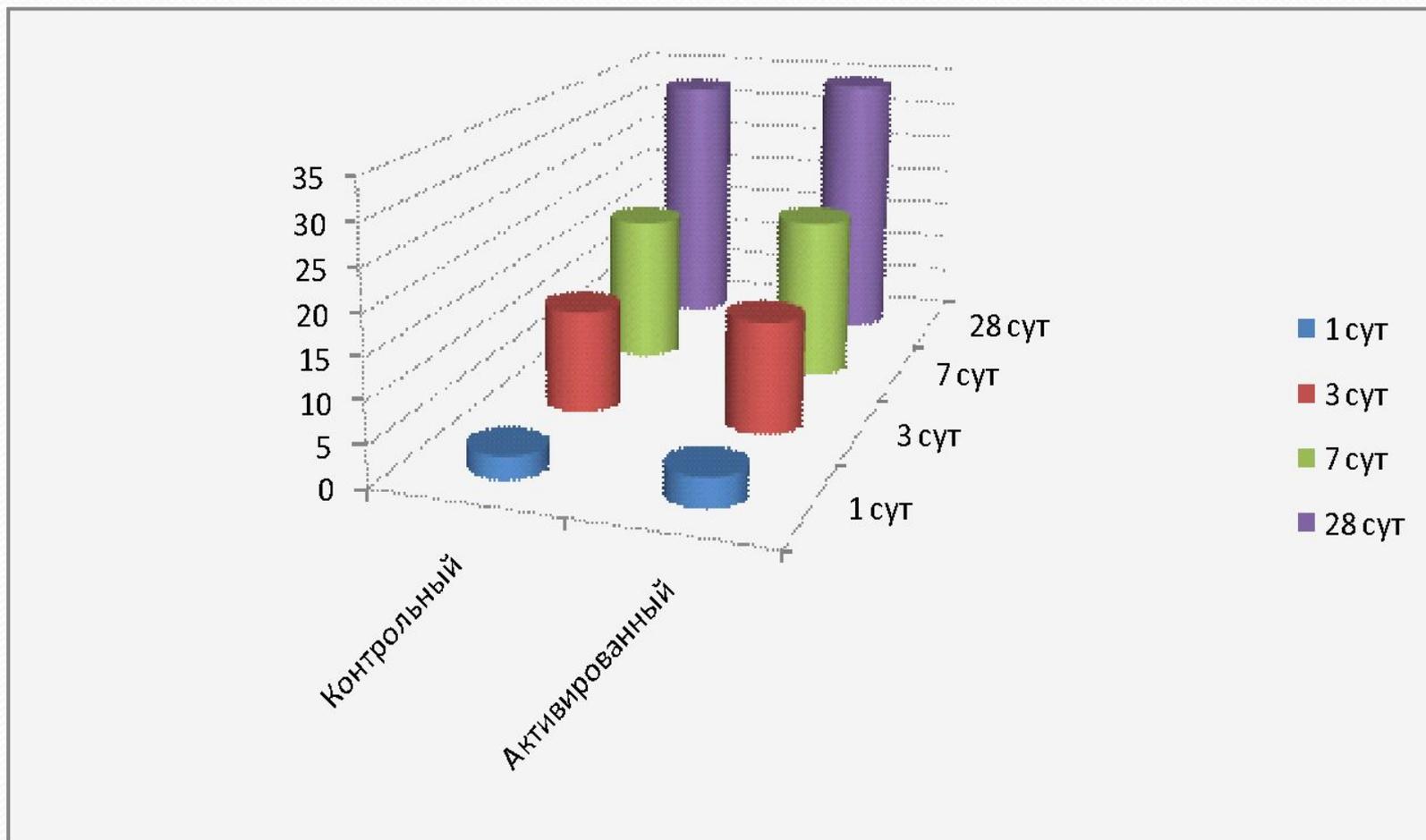
Результаты влияния добавки ПФМ на основные свойства бетонных смесей и бетона

Состав бетона, кг/м ³					Осадка Конуса, см	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	
Цемент	Песок	Щебень	Добавка	Вода			3 сут	28 сут
320	770	1000	Нет	224	15	2368	9.7	21.7
320	770	1000	2.8	180	17	2387	12.3	32.2
390	700	1000	-	215	15	2375	14.2	32.2
390	700	1000	3.3	169	16	2390	23.9	54.2
460	630	1000	-	229	15	2382	17.8	37.9
460	630	1000	4.0	180	16	2385	30.3	55.1
410	672	1031	-	265	14	2369	17	29
370	650	1135	2.5	185	18	2340	16.7	32.5

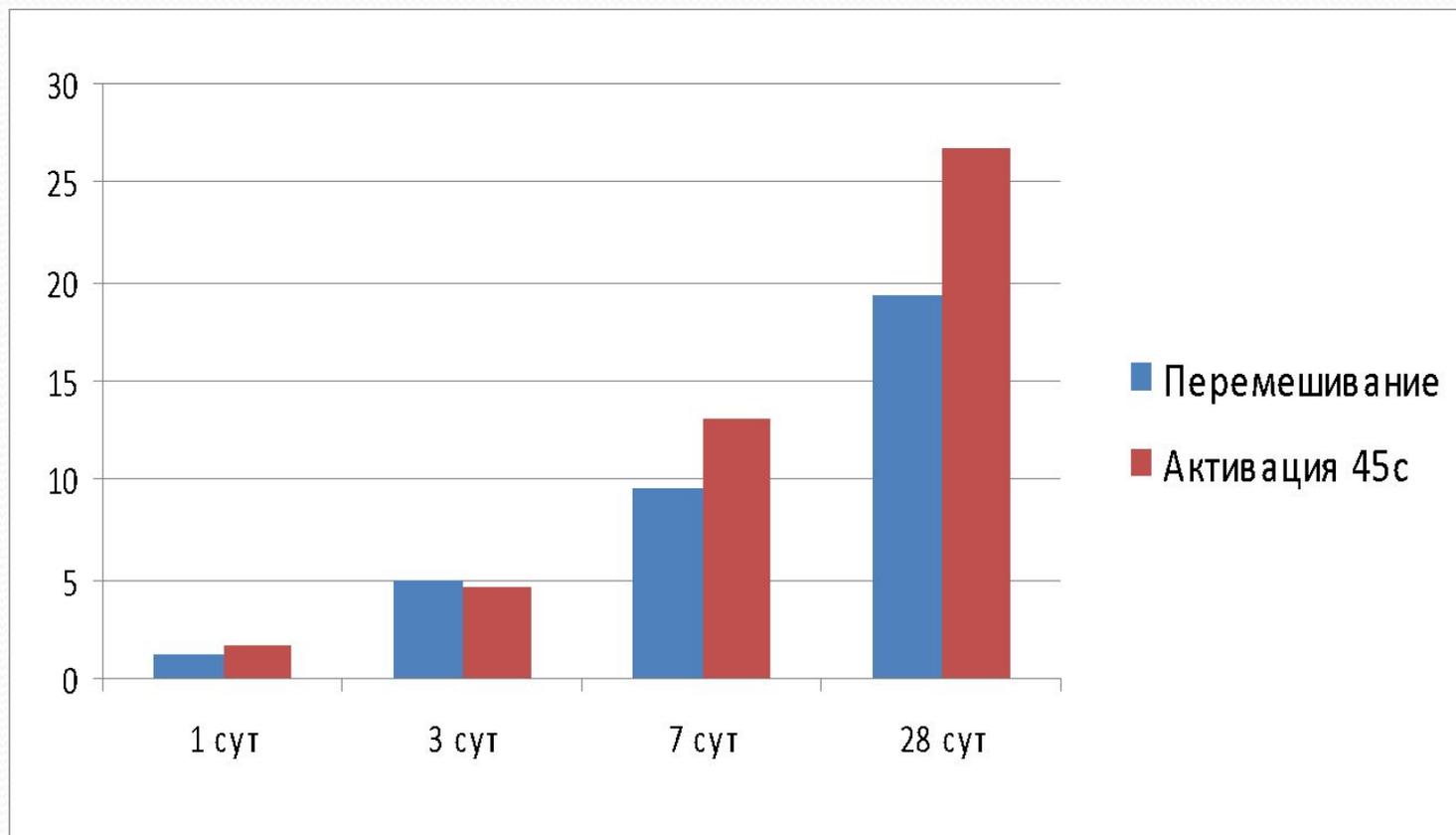
Влияние добавок на морозостойкость



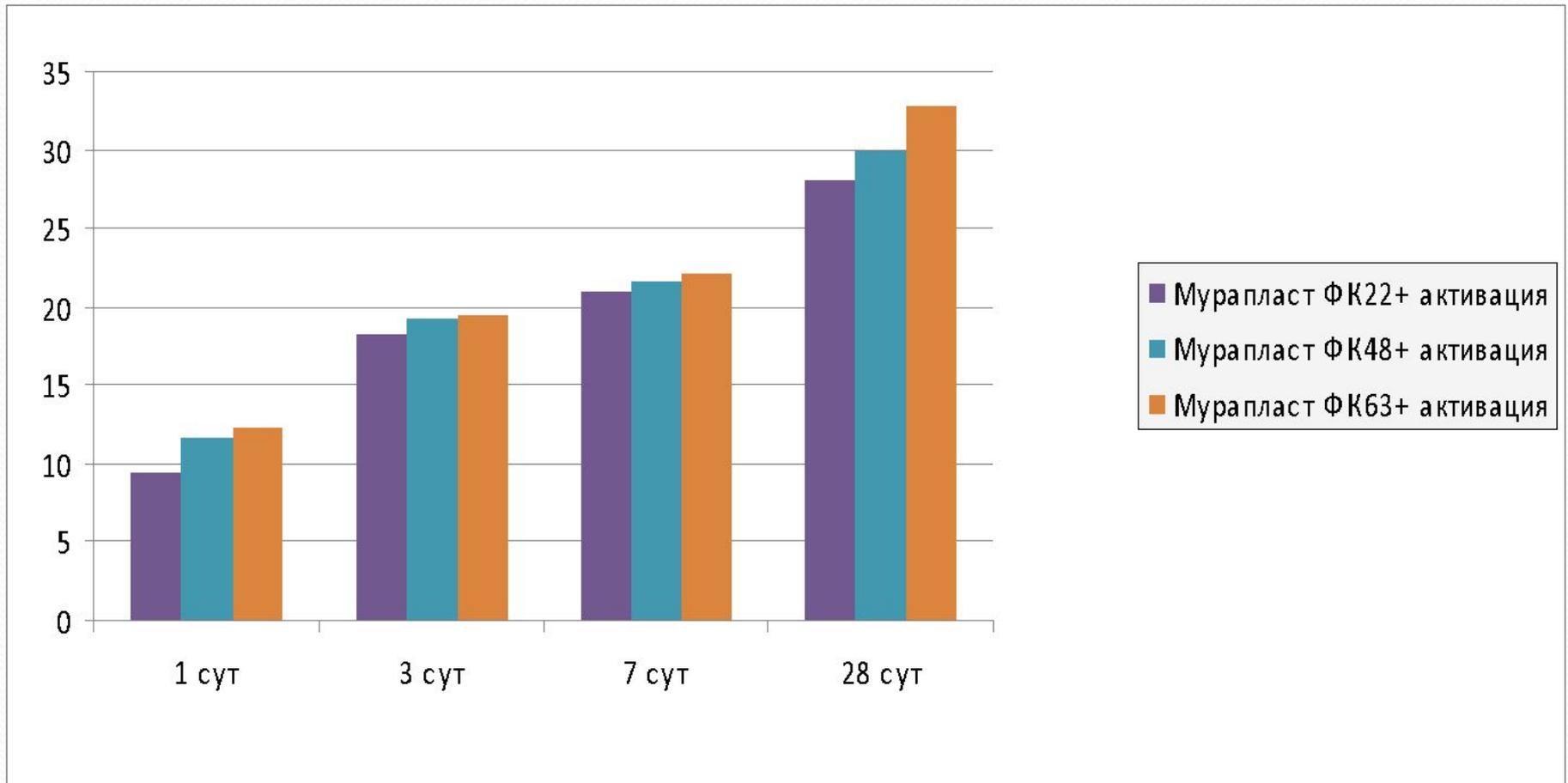
Влияние виброактивации цемента на прирост прочности бетона



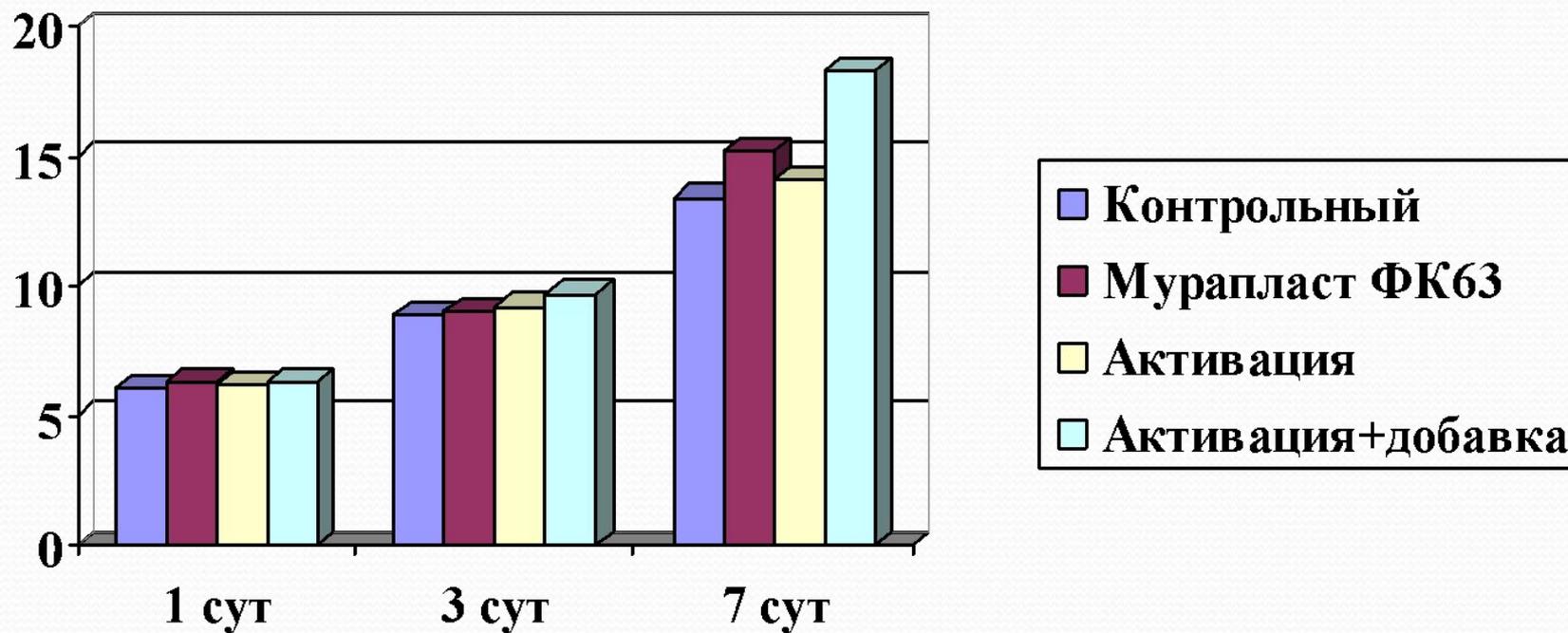
Влияние турбулентной активации на прочность цементно-песчаных растворов



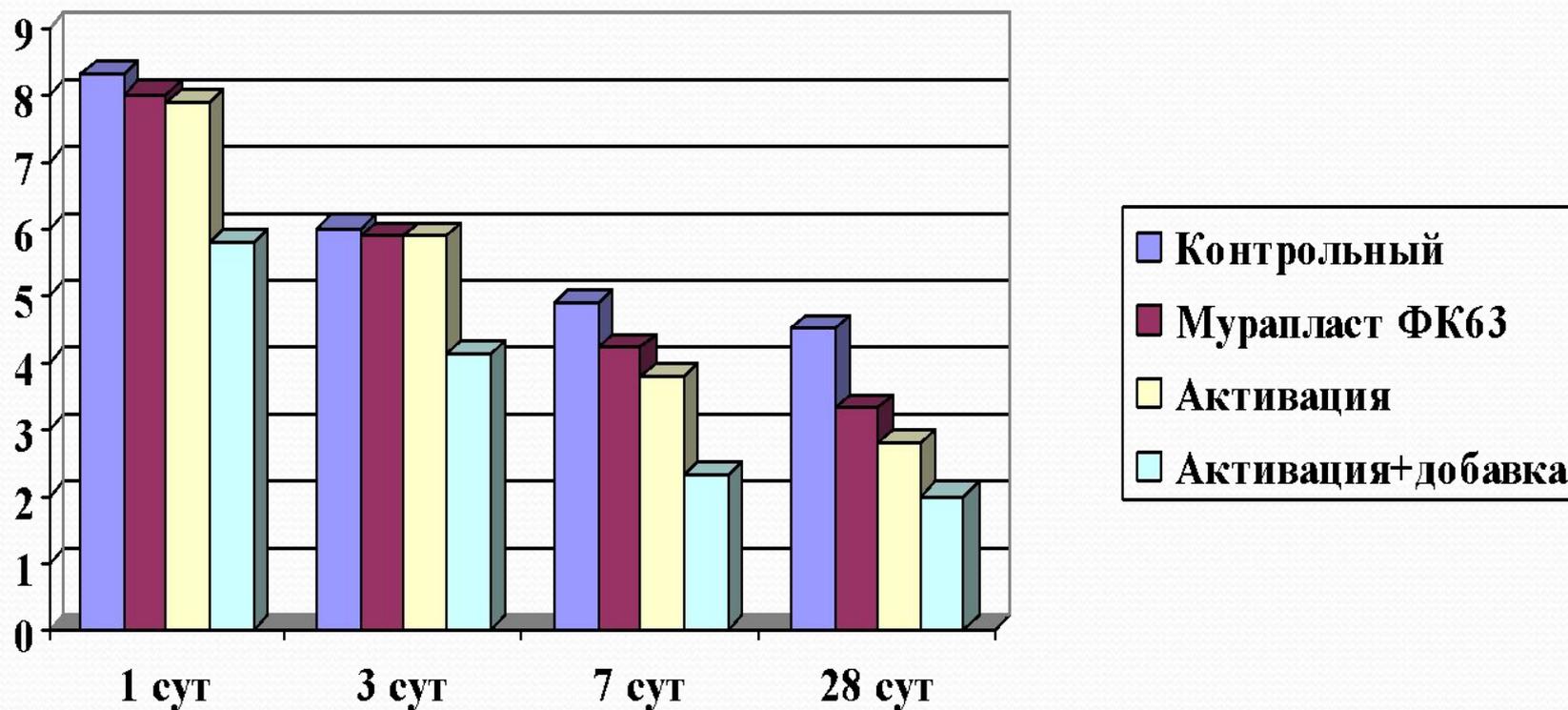
Влияние гидромеханохимической активации на бетон



Влияние активации на прочность бетона



Влияние активации на капиллярную пористость



Макро- и микрокапиллярная пористость:

$$P = W_c / (P_k + P_{м.з.})$$

где, W_c - сорбционная влажность, P_k - открытая капиллярная пористость, $P_{м.з.}$ - относительный объем межзерновых пустот (открытых некапиллярных пор)

Интегральная пористость:

$$P_o = \frac{\rho(B/C - 0,42\alpha)}{1 + \rho \cdot B/C}$$

$$P_k = \rho(B/C - 0,23\alpha) / 1 + \rho \cdot B/C$$

$$P_g = 0,2 \cdot \alpha \cdot C$$

где, P_o - общая пористость цементного камня; P_k - капиллярная пористость;

P_g - объем пор геля; ρ - плотность цемента; α - степень гидратации.

Истинное водоцементное отношение:

$$W = (B - K_n \cdot П - K_{щ} \cdot Щ) / Ц$$

где В, Ц, П, Щ - расход воды, цемента, песка, щебня, кг/м³;

K_n , $K_{щ}$ - водопотребность песка, щебня, в относительных единицах.

Объемная концентрация цементного камня в бетоне:

$$C = Ц(W + 1 / \rho) / 1000$$

где Ц - расход цемента кг/м³, ρ - плотность цемента кг/м³.

Прогнозирование долговечности бетона
по критерию морозостойкости ($K_{мрз}$)

$$F = 100(K_{мрз} - 1)$$

$$K = (C + П_{уз}) / П_k$$

где F - марка по морозостойкости; C - концентрация цементного камня в бетоне,

$П_{уз}$ - условно- замкнутая пористость; $П_k$ - капиллярная пористость

Влияние дисперсности на активность цемента

Удельная поверхность, см ² /г	Прочность при сжатии в МПа, возрасте				Прочность после ТВО, МПа	Марка цемента
	1	3	7	28		
Исходный ПЦ	11.7	24.7	38.4	48	34.5	400
3960	13.6	30.8	43.4	56	40.5	550
5100	18.6	40.2	50.9	58.6	45.3	550
Шлакопортландцемент с добавкой шлака, состава клинкер : шлак= 50:50						
3050	2.5	8.1	13	29.6	19.6	300
4130	3.9	14.2	19.5	42.5	28.2	400
4960	4.5	17.8	29.5	51.5	30.6	500

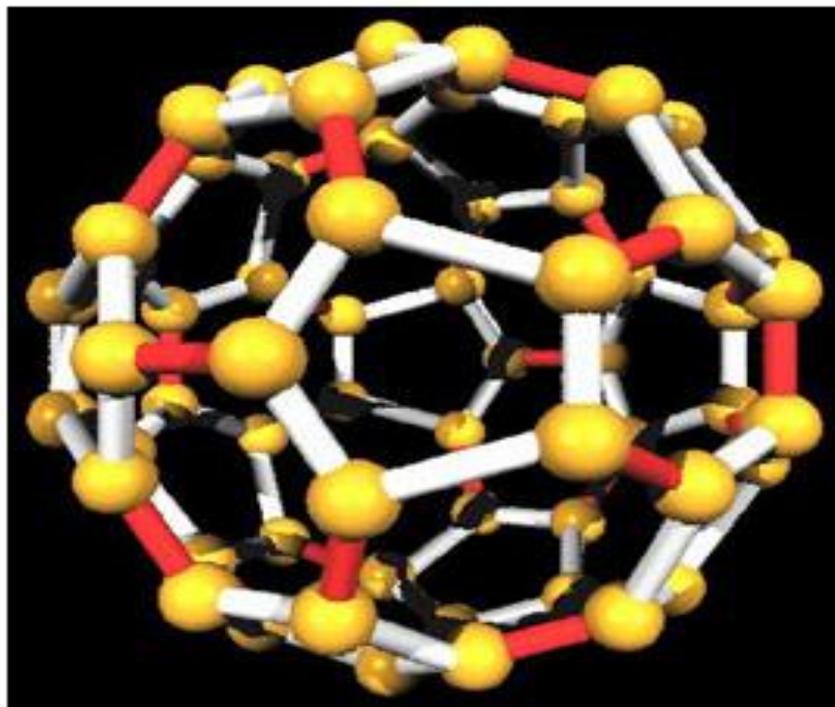
Эффективность тонкости помола цемента

Размер зерна, мкм	Содержание зерен данного размера в цементе, %	Эффект влияния на прочность камня в зависимости от количества зерен данного размера
Менее 5	Не более 20	При содержании 2% R1= 15 МПа 7% R1= 21 МПа 19% R1= 38 МПа
5-20	40-45	Оказывают влияние на прочность в возрасте 3-7 сут
20-40	20-25	
Более 40	15-20	
Более 80	Не более 15	При содержании 7% R28= 64.5 МПа 2,5% R28= 73 МПа 1% R28= 80.2 МПа

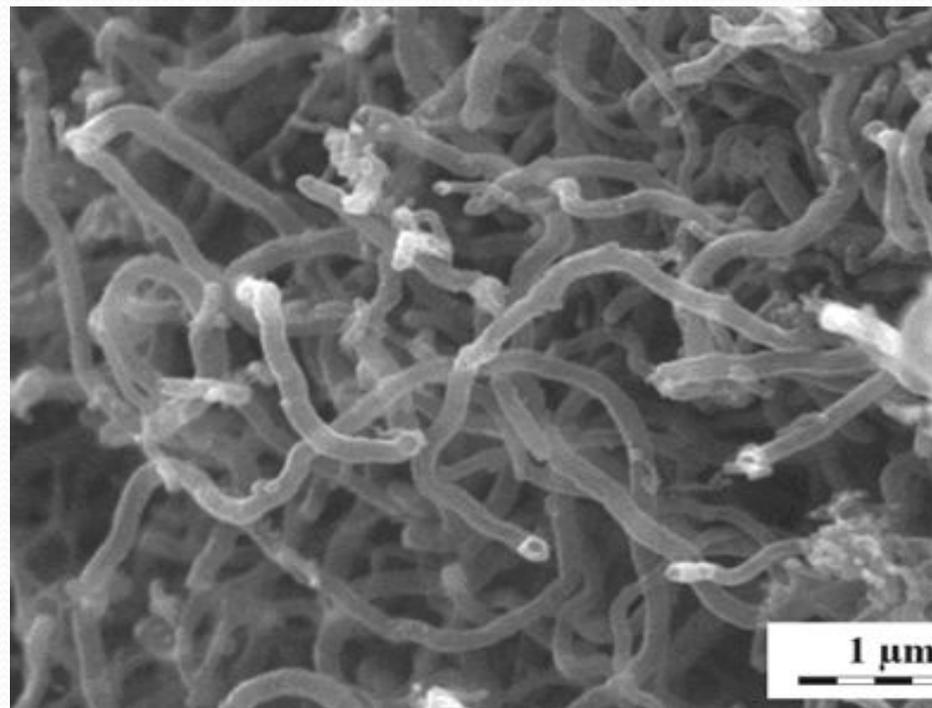
Влияние повышения тонкости помола на расход цемента

Марка бетона	Расход цемента при S=		Расход ШПЦ при S=	
	3000	5000	3000	5000
Нормальные условия твердения				
300	303	240	390	306
400	360	276	476	390
500	416	325	-	472
600	474	372	-	-
ТВО - пропаривание				
300	278	230	336	285
400	336	283	411	336
500	394	336	488	388
600	452	398	-	440

Фуллерен C₆₀



Электронно-микроскопический снимок углеродных нанотрубок



Микрокремнезем (МК) - порошок, состоящий из твердых сфер диаметром в среднем 0.1 мкм

Сравнение удельной поверхности микрокремнезема с портландцементом:

- микрокремнезем 140000-300000 см²/г*
- портландцемент 3000-4000 см²/г*

Влияние МК на свойства цементного теста и камня

№	Доля МК, %	Диаметр распльва кольца, мм	Плотность, кг/м ³		Прочность при сжатии, МПа		Прочность при изгибе, МПа	
			2 сут	7 сут	2 сут	7 сут	2 сут	7 сут
1	5	140	1630	1600	25.5	34.3	2.25	4.1
2	10	160	1790	1820	26.8	42.2	2.8	4.3
3	15	135	1870	1880	27.2	46.4	3.0	4.7
4	20	120	2040	2050	28.6	56.7	4.0	5.0
5	25	115	2200	2190	30.2	63.5	4.6	5.4

Влияние МК на свойства цементного теста и камня

Доля МК, %	Плотность кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	Прочность при изгибе, МПа	В/Ц, %
0 (контрольный образец)	2170	38	7.03	28
2.5	2110	40.6	6.56	28