

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.*

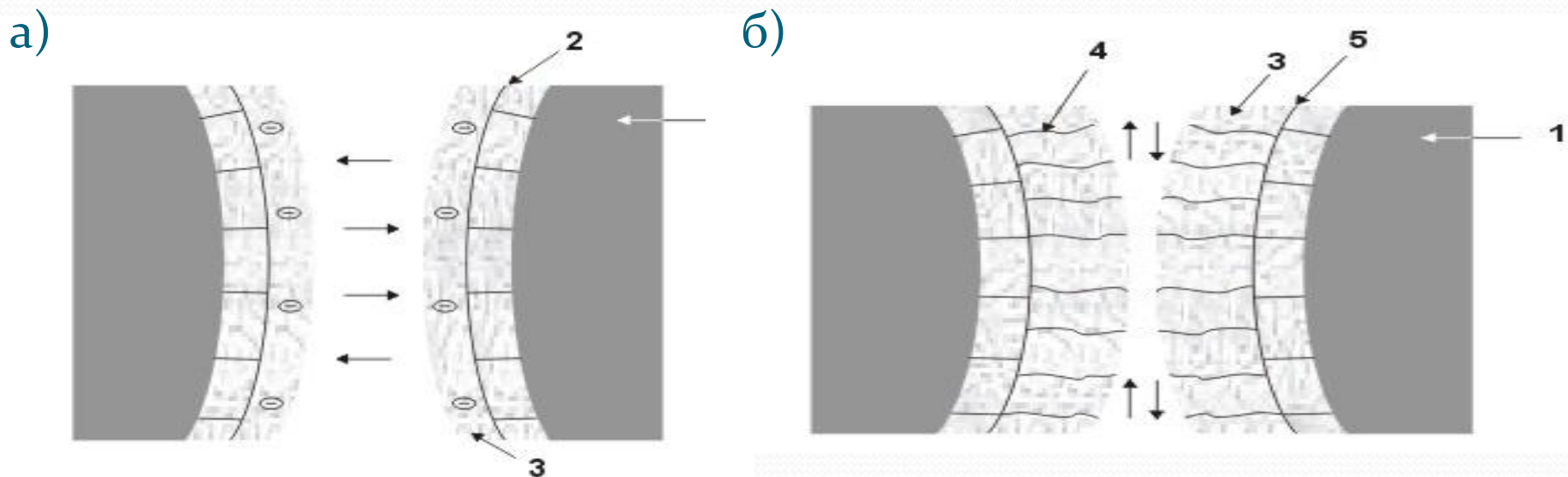
- Применение цементов оптимального гранулометрического состава.
- Внедрение приемов гидромеханохимической активации бетонных смесей.

# 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

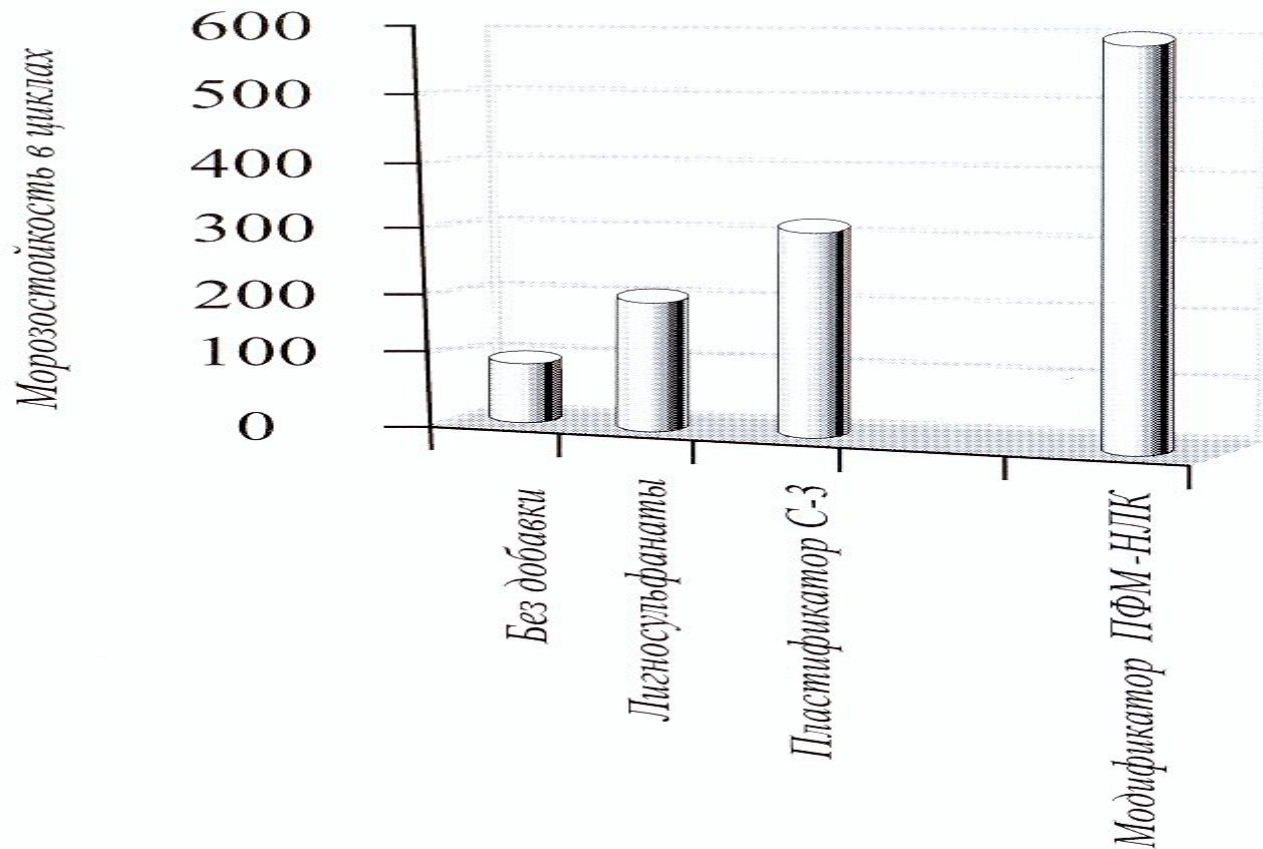
б) стерический

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

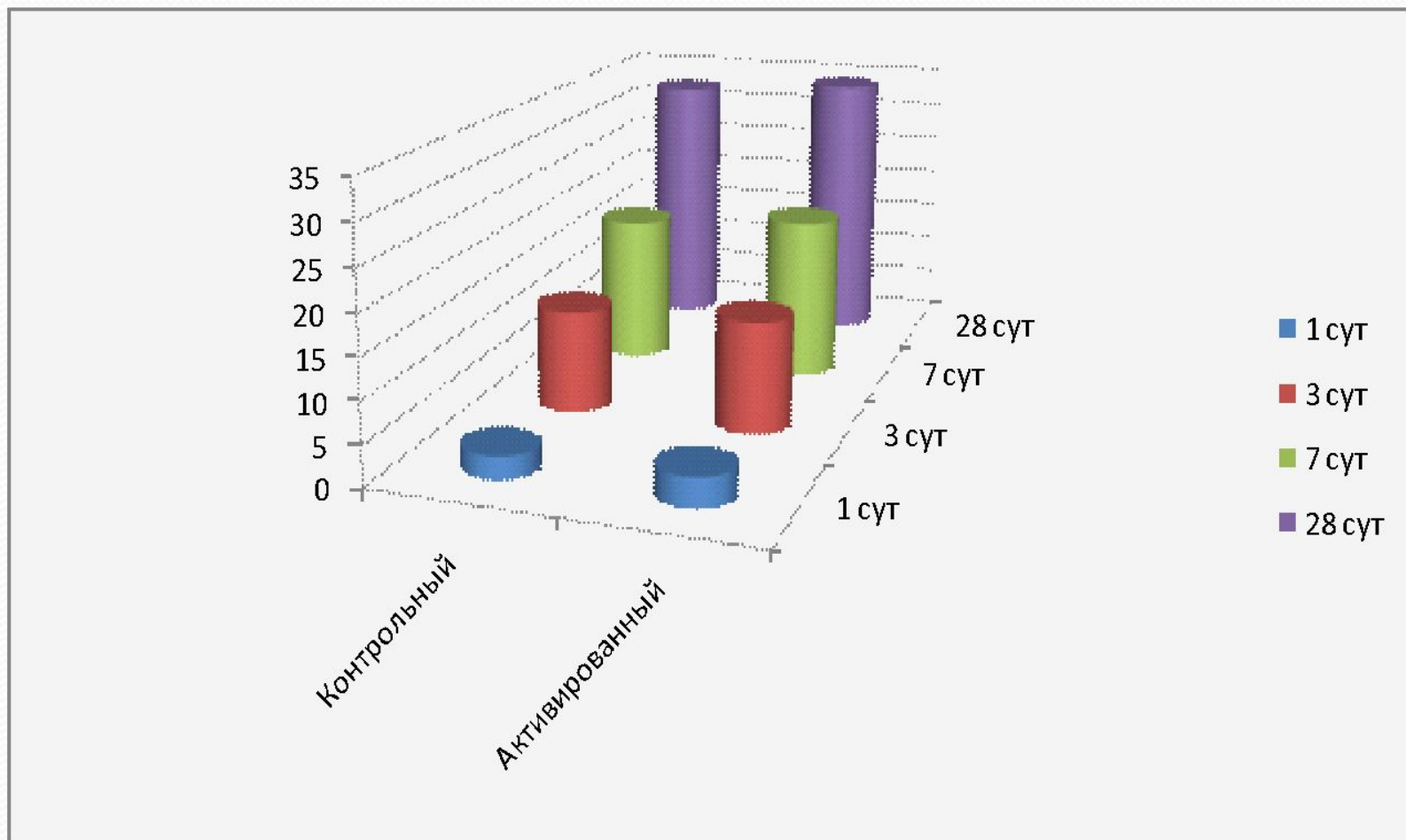
Состав бетона, кг/м <sup>3</sup>					Осадка Конуса, см	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность, МПа	
Цемент	Песок	Щебень	Добавка	Вода			3 сут	28 сут
320	770	1000	Нет	224	15	2368	9.7	21.7
320	770	1000	2.8	180	17	2387	12.3	32.2
390	700	1000	-	215	15	2375	14.2	32.2
390	700	1000	3.3	169	16	2390	23.9	54.2
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

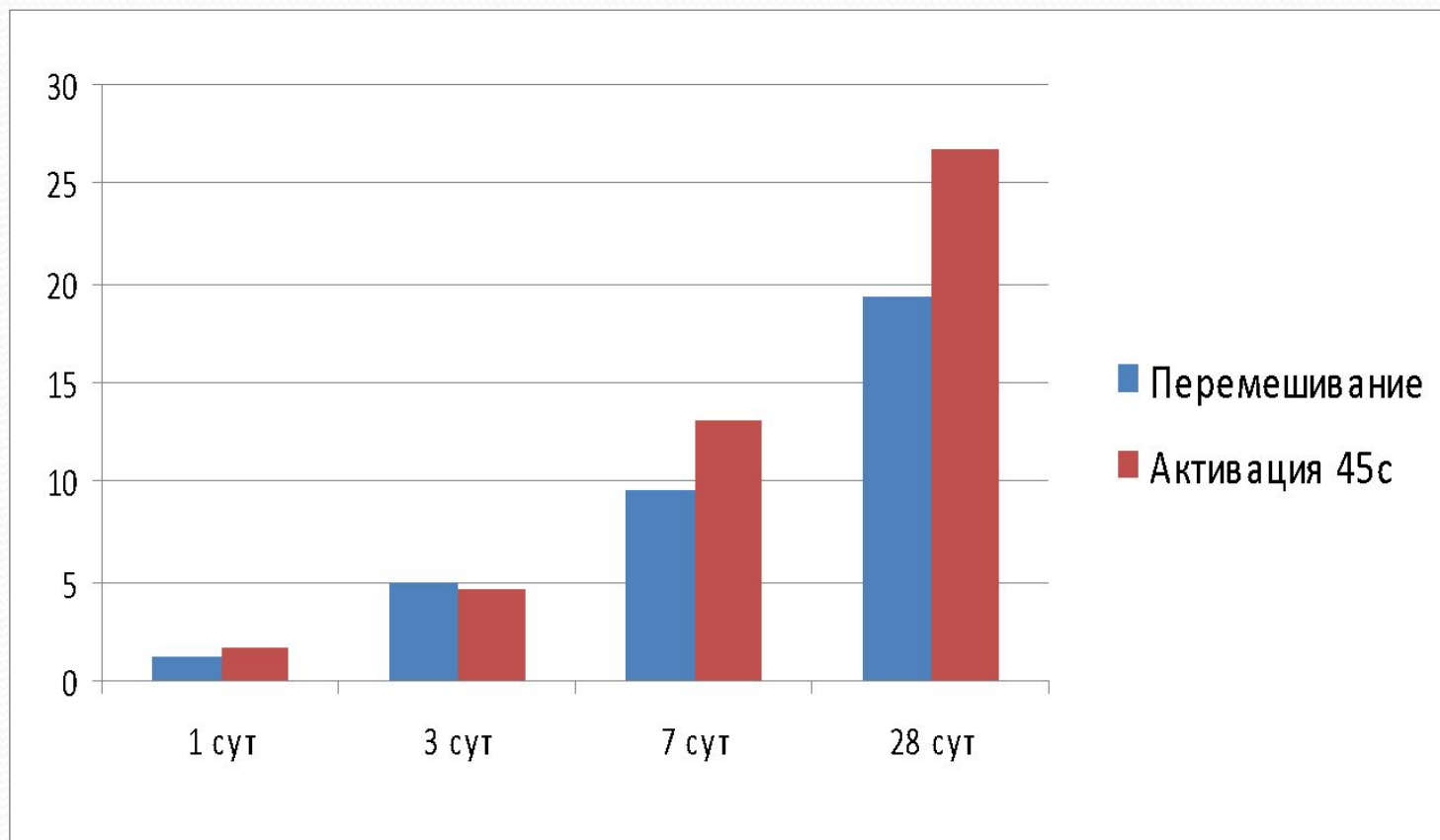




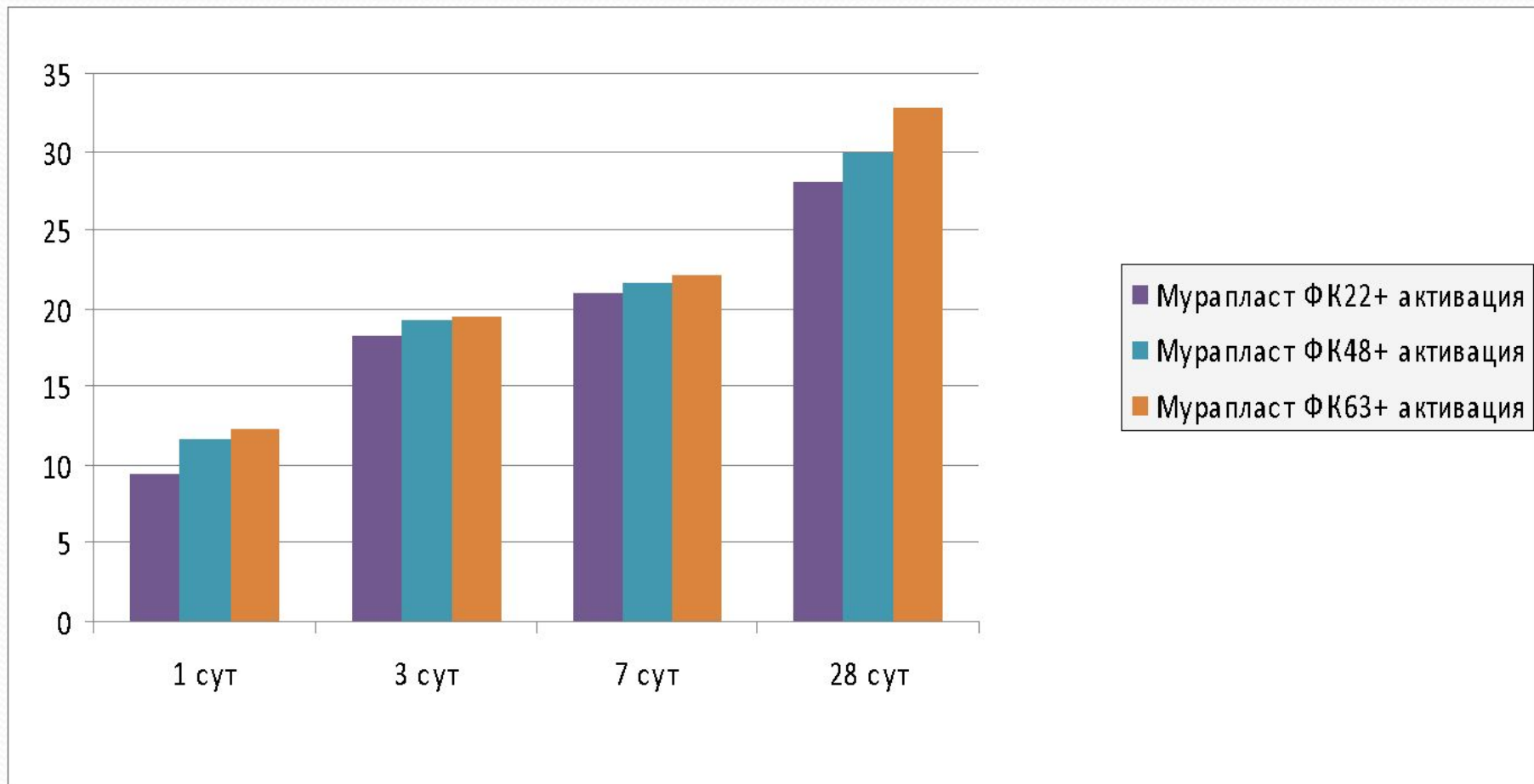
# Влияние виброактивации цемента на прирост прочности бетона



# Влияние турбулентной активации на прочность цементно-песчаных растворов

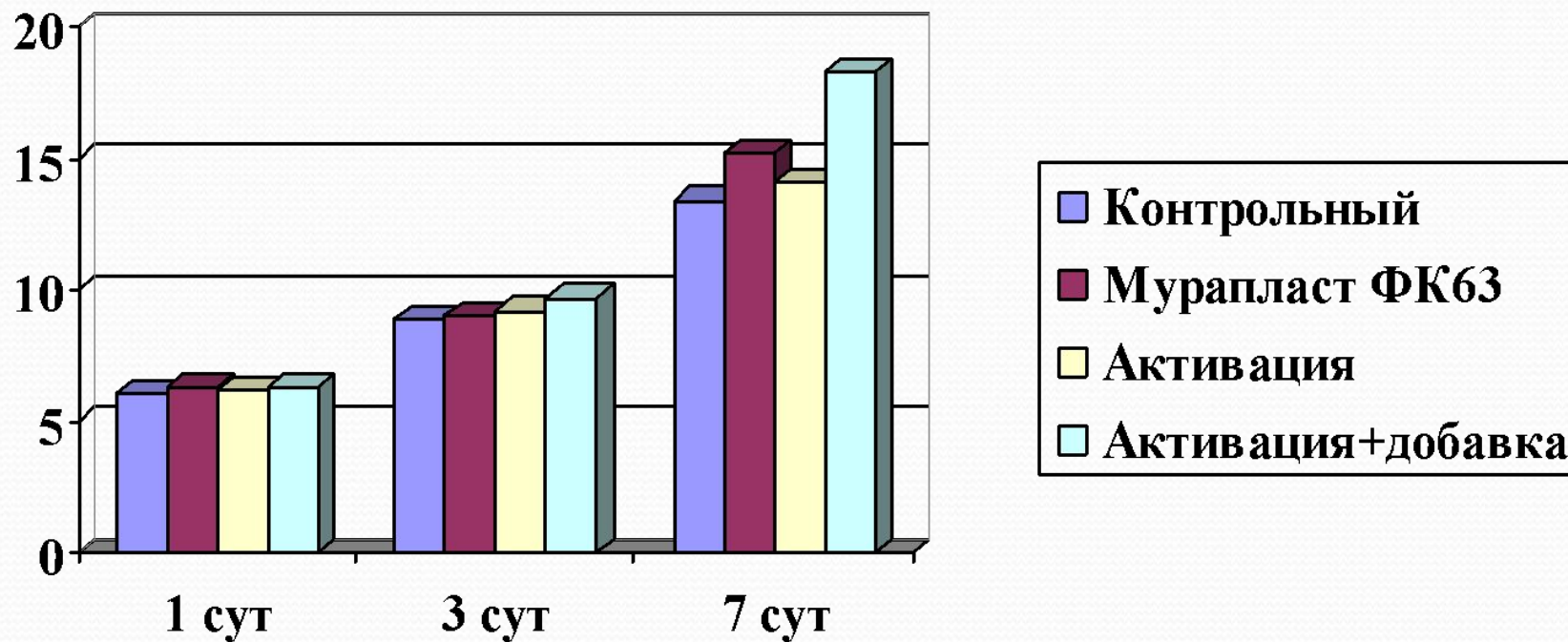


# Влияние гидромеханохимической активации на бетон

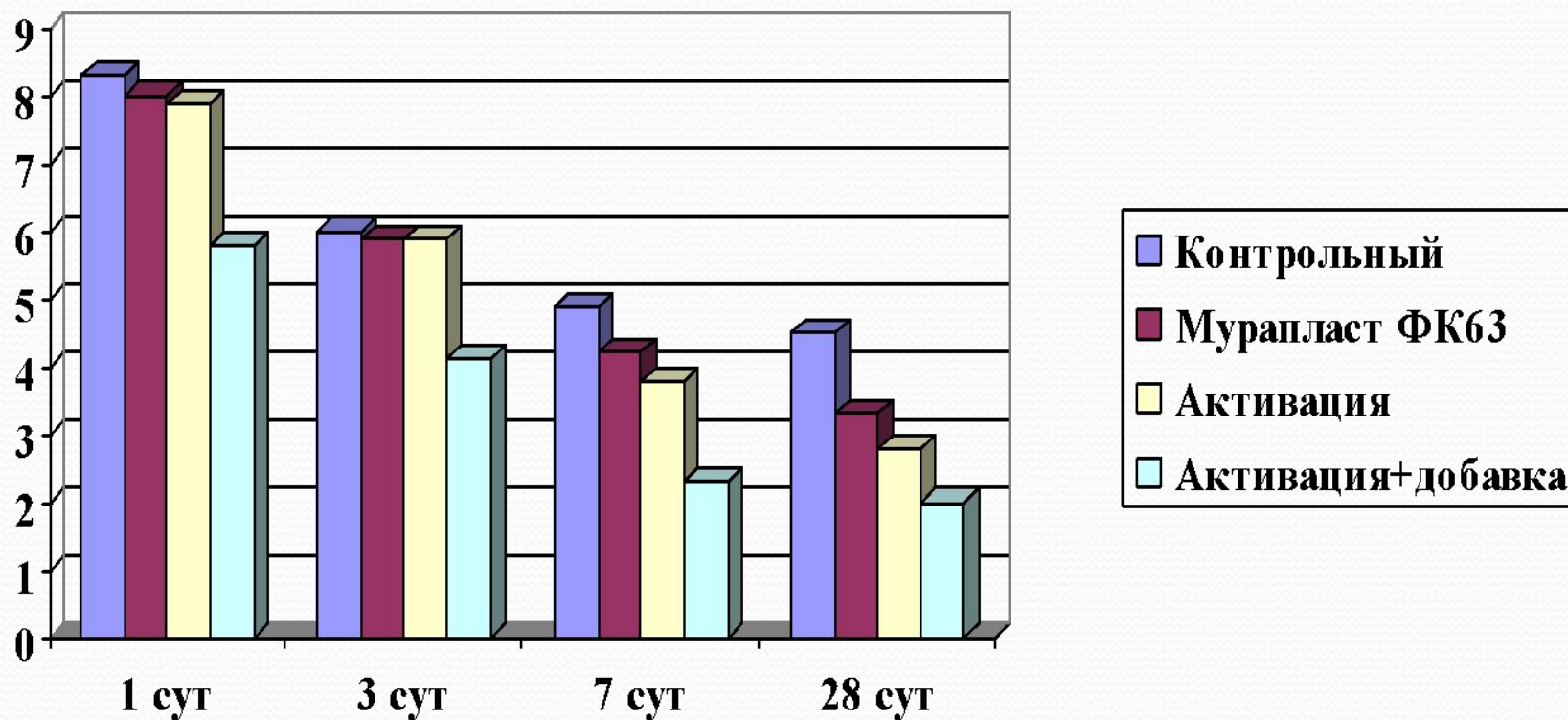




# Влияние активации на прочность бетона



# 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:

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

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

$$P_g = 0,2 \cdot \alpha \cdot Ц$$

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

$P_g$  - объем пор геля;  $\rho$  - плотность цемента;  $\alpha$  - 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/м<sup>3</sup>;  
K<sub>п</sub>, K<sub>щ</sub> - водопотребность песка, щебня, в относительных единицах.

Объемная концентрация цементного камня в бетоне:

$$C = Ц(W + 1 / \rho) / 1000$$

где Ц - расход цемента кг/м<sup>3</sup>, ρ - плотность цемента кг/м<sup>3</sup>.

Прогнозирование долговечности бетона  
по критерию морозостойкости (K<sub>мрз</sub>)

$$F = 100(K_{мрз} - 1)$$

$$K = (C + П_{уз}) / П_{к}$$

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

П<sub>уз.</sub> - условно- замкнутая пористость; П<sub>к</sub> - капиллярная пористость

# Влияние дисперсности на активность цемента

Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /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

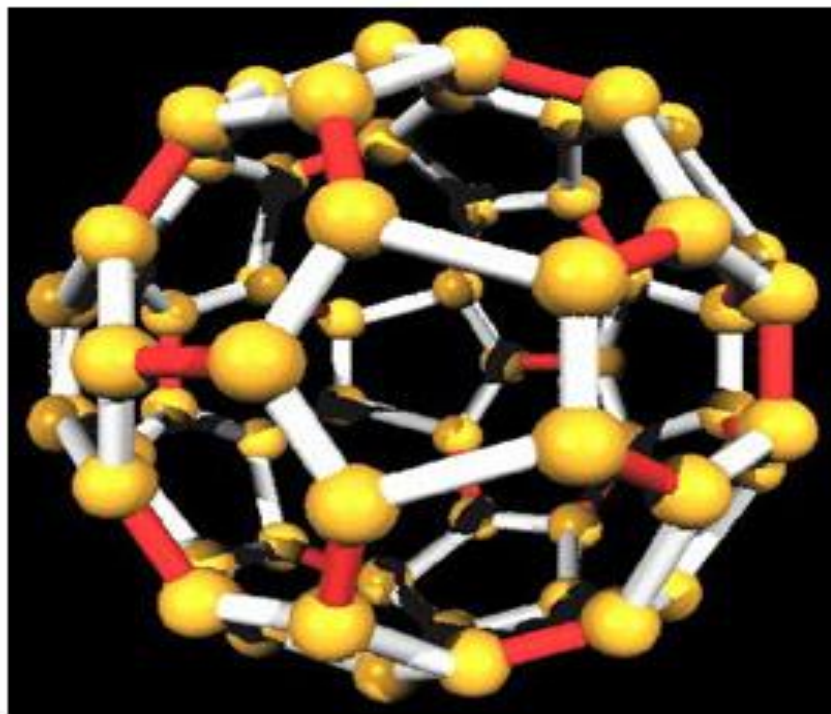
Размер зерна, мкм	Содержание зерен данного размера в цементе, %	Эффект влияния на прочность камня в зависимости от количества зерен данного размера
Менее 5	Не более 20	При содержании 2% R1= 15 МПа 7% R1= 21 МПа 19% R1= 38 МПа
5-20	40-45	Оказывают влияние на прочность в возрасте 3-7 сут
20-40	20-25	
Более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



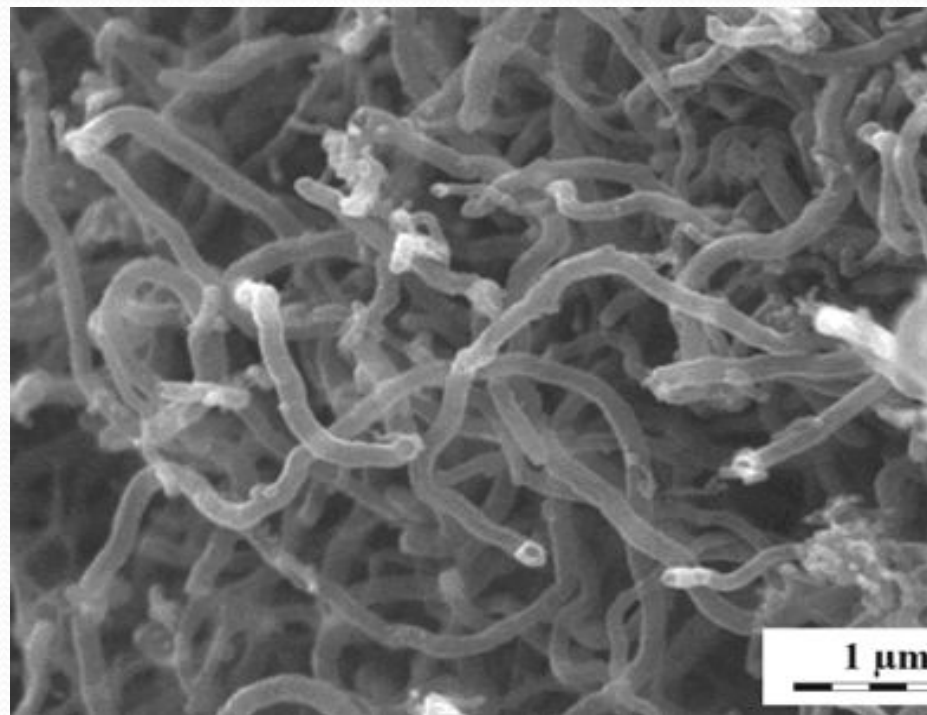
# Влияние повышения тонкости помола на расход цемента

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 C<sub>60</sub>



## 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 см<sup>2</sup>/г*
- портландцемент 3000-4000 см<sup>2</sup>/г*



# Влияние МК на свойства цементного теста и камня

№	Доля МК, %	Диаметр распльва кольца, мм	Плотность, кг/м <sup>3</sup>		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 <sup>3</sup>	Прочность при сжатию, МПа	Прочность при изгибе, МПа	В/Ц, %
0 (контрольный образец)	2170	38	7.03	28
2.5	2110	40.6	6.56	28