

КАЗАХСКАЯ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ

ДИСЦИПЛИНА «Технология бетона 1»

Лекция 12 «ВИДЫ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА»

Акад.проф. Колесникова И.В.

Типы (виды) бетонов по их свойствам, составу, технологии изготовления

напрягающий бетон

армоцемент

вакуумированный
бетон

высокофункциональный
бетон

фибробетон:

полимербетон
бетонополимер

бетон подводной укладки

жаростойкий
бетон

самоуплотняющийся бетон

быстротвердеющий бетон

бетон роликового формования:

мелкозернистый
бетон

вакуумированный бетон

декоративный бетон:

реакционный порошковый бетон

дренирующий
бетон:

грунтобетон:

литой бетон

торкрет-бетон:



ГОСТ 25192-2012 Бетоны. Классификация и общие технические требования

быстротвердеющий бетон: Бетон, имеющий быстрый темп набора прочности

По скорости набора прочности в нормальных условиях твердения бетоны подразделяют на:

- быстротвердеющие;
- медленнотвердеющие.

За **критерий оценки скорости набора прочности** принимают отношение R_2 / R_{28} ,
приведенное в таблице 1.

Таблица 1

Вид бетона	R_2 / R_{28}^*
Быстротвердеющий	Более 0,4
Медленнотвердеющий	$\leq 0,4$
R_2^* - прочность бетона в возрасте 2 сут R_{28} - прочность бетона в возрасте 28 сут.	

Способы получения быстротвердеющего бетона,

обладающего относительно высокой прочностью в раннем возрасте (1-3 сут.) при твердении в нормальных условиях, достигается:

- **применением быстротвердеющего цемента;**
- **применением жесткой бетонной смеси с низким В/Ц ($V/C = 0,35$)**
- **использованием добавок-ускорителей твердения;**
- **применением комплексных специальных добавок;**
- **применением специальных технологических приемов изготовления БС - активации цементного раствора (механо-химическая активация в присутствии СП, ГП в роторно-пульсационном аппарате и т.п.)**

По результатам испытаний в первые сутки быстротвердеющий бетон набирает прочность при сжатии 300 - 500 кг/ кв.см

Влияние В/Ц на скорость твердения бетона на ПЦ М400

Влияние водоцементного соотношения на набор прочности бетоном

В/Ц	Относительная прочность бетона в % через сутки					
	1	3	7	28	90	360
0,4	0,24	0,48	0,7	1	1,15	1,38
0,5	0,17	0,43	0,66	1	1,19	1,47
0,6	0,11	0,37	0,64	1	1,21	1,55
0,7	0,08	0,33	0,64	1	1,35	1,67

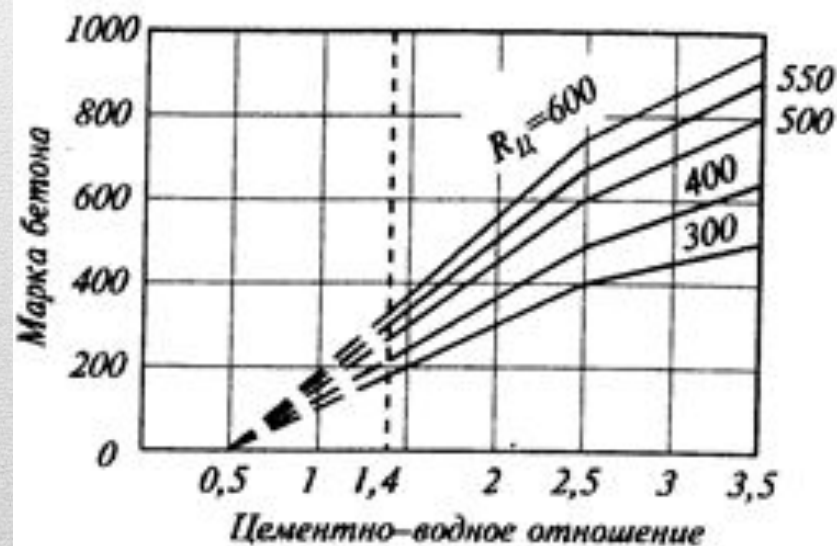


Рис. Зависимость прочности тяжелого бетона от Ц/В при разных марках цемента

Цементы для быстротвердеющего бетона

- с измененным вещественным составом

Алюминатный цемент марки М500, домолотого с 3% гипса

Портландцемент с добавкой глиноземистого цемента

-ВНВ (вяжущие низкой водопотребности)

- высокомарочные цементы

- Введение минерального наполнителя снижает прочность в раннем возрасте в 1,5-2 раза

МАРКА ЦЕМЕНТА	СРОК ТВЕРДЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МАРОК БЕТОНА							
	за 14 суток		за 28 суток					
	100	150	100	150	200	250	300	400
300	0,65	0,60	0,75	0,65	0,55	0,50	0,40	-
400	0,75	0,65	0,85	0,75	0,63	0,56	0,50	0,40
500	0,85	0,75	-	0,85	0,71	0,64	0,60	0,46
600	0,90	0,80	-	0,95	0,75	0,68	0,63	0,50

Таблица 1.

№ п/п	Наимено вание добавки	Время Механоактив ации цементной суспензии	Расход добавки в %, от массы цемента	В/Ц	Сред. плот. бетона кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа		Моро зос тойко сть	Водо непро ницае мость
						1 сут.	28 сут.		
1	Реламикс ПК	1мин	1	0,4	2480	<u>11,4*</u> 107%	<u>57,6</u> 113%	F150	W6
2	Реламикс ПК	2мин	0,8	0,4	2465	<u>12,0</u> 113%	<u>57,2</u> 113%	F150	W6
3	Реламикс ПК	2мин	1	0,4	2465	<u>12,7</u> 120%	<u>58,0</u> 114%	F200	W8
4	Реламикс ПК	2мин	1,2	0,4	2460	<u>12,9</u> 121%	<u>57,7</u> 114%	F200	W8
5(про готип)	С-3	40мин	0,7	0,35	2550	<u>10,6</u> 100%	<u>50,8</u> 100%	F150	W6

Примечание*: над чертой приведено среднее значение показателя; под чертой – относительное значение показателя в % от прототипа.

Ускорители твердения

Наименование	Химическая основа	Внешний вид	Дозировка % масс.
Формиат кальция Perstorp, Швеция	$\text{CaC}_2\text{H}_2\text{O}_4$	Белый порошок	1-5
Поташ ГОСТ 10690, Россия	K_2CO_3	Белый порошок	1-5
Нитрат кальция ГОСТ 4142, Россия	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Белый порошок	2-10
Гидросиликат натрия Akzo-PQ, Голландия	$\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$, где $n=2-3,5$; $m=1,2-3$	Белый порошок	0,5-2
Карбонат лития ТУ 6-09-3728-83, Россия	Li_2CO_3	Белый порошок	0,1-1,0
Роксимат SA 502 Родиа, Франция	$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (аморфный)	Белый порошок	3-5
АмГА, ОАО "Бокситогорский глинозём"	$\text{Al}(\text{OH})_3$ (аморфный)	Белый порошок	1-3

Добавки необходимо вводить во время приготовления смеси. Количество сульфата натрия не должно превышать 2%, нитрата кальция, нитрата натрия, нитрит-нитрата кальция – 4%.

Хлорида кальция в конструкциях должно содержаться 3%, а в армированных конструкциях – 2%.

Условное обозначение и дозировки ускорителей твердения

Наименование добавки	Условн. обозн.	Химическая формула	Нормативный документ
Хлорид кальция	ХК	$CaCl_2$	ГОСТ 450-77
Нитрат кальция	НК	$Ca(NO_3)_2$	ГОСТ 4142-77
Нитрит-нитрат кальция	ННК	$Ca(NO_2)_2 + Ca(NO_3)_2$	ТУ 6-03-704-74
Нитрит-нитрат-хлорид кальция	ННХК	$Ca(NO_2)_2 + Ca(NO_3)_2 + CaCl_2$	ТУ 6-18-194-76
Сульфат натрия	СН	Na_2SO_4	ГОСТ 6318-77*, ТУ 38-10742-78
Нитрат натрия	НН	$NaNO_3$	ГОСТ 828-77*Е
Тринатрийфосфат	ТНФ	Na_3PO_4	ГОСТ 201-76*Е
Хлорид натрия	ХН	$NaCl$	ГОСТ 13830

Вид цемента	В/Ц	Количество в расчете на сухое вещество, % массы цемента		
		ХК, СН, НН1	НК, ННХК, ТНФ	ННК
Портландцемент, быстротвердеющий и сульфата - стойкий ПЦ	0,35..0,55	1,0...1,5	1,5...2,5	2,0
	0,55..0,75	0,5... 1,0	1,0..2,0	2,5
Шлака Портленд цемент, пуццолановый, пластифицированный и гидрофобный ПЦ	0,35..0,55	1,5...2,0	2,0-3,0	2,5
	0,55..0,75	1,0...1,5	1,5...2,5	3,0

Комплексное введение добавок ускорителей твердения

Соста в	Расход цемента, кг/м ³ бетона	Колич. добавки, мас.% от расхода цемента	Соотноше ние хлорида кальция и хлорида натрия	Содержание хлорида кальция и хлорида натрия кг на 1м ³ бет. смеси	Прочность бетона на сжатие, МПа		
					после ТВО	через 28 сут	через 28 сут Нормального хранения
1 контр.	400				28,3	42,7	27,5
2 протот	400	1,8	1,01:1,0	7,2	25,0	37,0	–
3	400	2,8	1,01:1,0	11,2	35,0	53,3	38,3
4	400	3,0	1,01:1,0	12,0	36,0	45,5	42,0
5	350	–			27,5	41,1	27,5
6	350	1,0	1,25:1	3,5	28,7	43,2	30,2
7	350	2,0	1,25:1	7,0	33,0	46,5	33,2
8	350	3,0	1,25:1	10,5	32,2	46,2	32,2
9	350	4,0	1,25:1	14,0	28,4	44,9	35,1
10	350	5,0	1,25:1	17,5	27,8	44,0	34,5
11	450	2,0	1,4:1	9,0	43,0	59,8	43,6
12	450	3,0	1,4:1	13,5	35,2	–	–

Комплексные специальные добавки

Таблиц

Состав и физико-химические характеристики экспериментальных образцов бетонов

номер № пытания	Расход добавки, %	Состав комплексной добавки, мас. %						Температура за- мерзания жид- кой фазы, °С	Осадка ко- нуса ОК, см	Морозостой- кость, циклы	Прочнос- ть на сжатие МПа (28 с
		Ускоритель твердения	Лигно- сульфонат технический	Амкироз	Поли- нафталин- сульфонат	Поликар- боксилат	Акрилат R60				
– кон- ольный	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0	50	30,6
2	3,0	99,7	-	-	-	0,2	0,1	-15	12,0	250	31,5
3	2,0	99,5	-	-	-	-	0,5	-15	13,0	350	32,8
4	3,0	95,0	-	2,0	-	2,5	0,5	-15	21,5	400	33,0
5	2,0	70,0	10,0	-	-	10,0	10,0	-13	23,0	400	36,8
6	1,0	75,0	-	-	5,0	15,0	5,0	-16	24,0	450	40,9
7	1,5	40,0	30,0	-	20,0	-	10,0	-14	21,0	350	36,7
8	0,5	20,0	2,5	20,0	2,5	50,0	5,0	-14	24,0	350	51,7
9	0,5	20,0	10,0	-	10,0	10,0	50,0	-14	25,0	350	47,7
10	1,0	20,0	-	10,0	-	10,0	60,0	-10	24,0	300	39,9
11	0,5	10,0	10,0	-	10,0	-	70,0	-5	26,0	200	44,0
12	1,0	20,0	-	-	-	20,0	60,0	-16	22,0	350	46,5
13	3,0	99,8	-	-	-	-	0,2	-10	12,0	250	31,0
14	2,0	50,0	10,0	-	20,0	-	20,0	-15	25,0	350	45,6
15	1,0	15,0	45,0	-	35,0	-	5,0	-4	20,5	200	30,0
16	0,5	15,0	-	-	-	-	85,0	-7	25,6	300	38,0
17	1,5	20,0	-	-	-	-	80,0	-15	25,7	350	48,2
по про- отипу	1,0	50,0	-	19,0	31,0	-		-10	23,5	350	32,8

ГОСТ 26633-2012 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия
Технические условия
(EN 206-1:2000, NEQ)

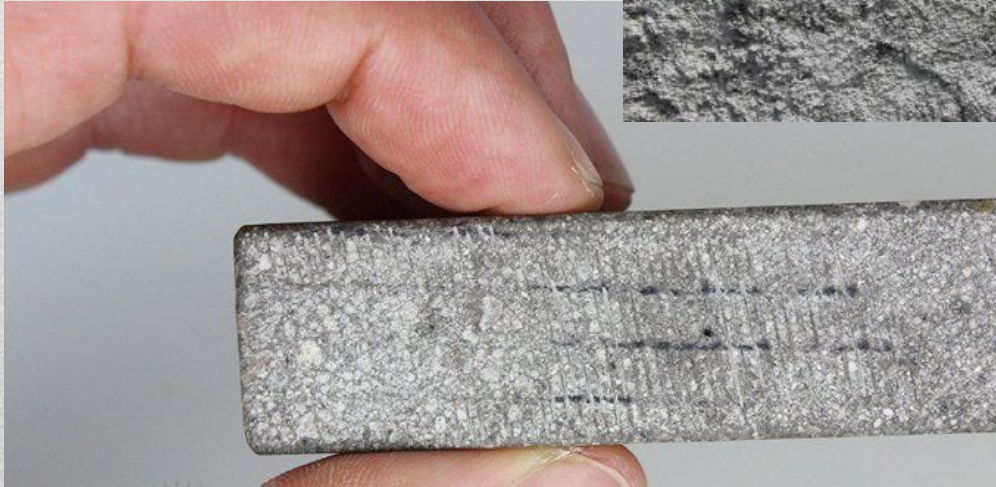
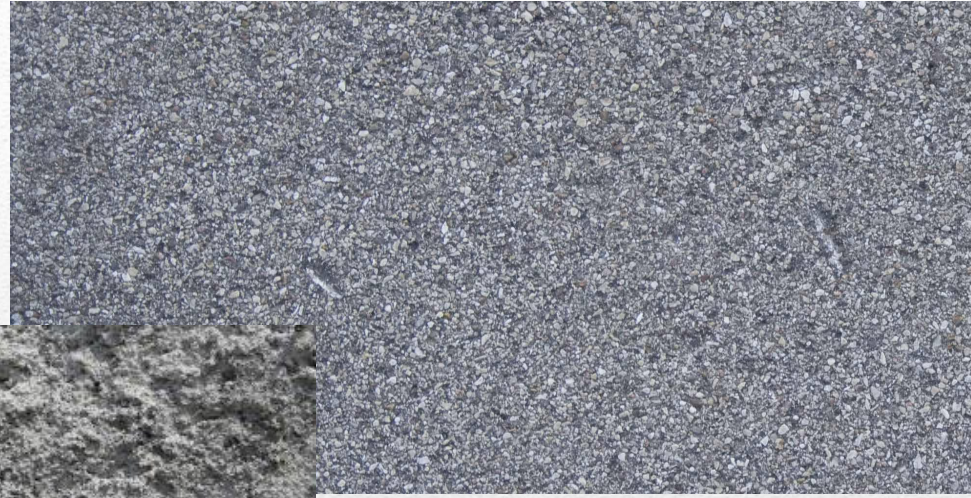
мелкозернистый бетон: Бетон на цементном вяжущем с плотным мелким заполнителем

армоцемент: Мелкозернистый бетон, в массе которого равномерно распределены тканые или сварные проволочные металлические или неметаллические сетки.

торкрет-бетон:

Мелкозернистый бетон, пневматически наносимый на поверхность

мелкозернистый бетон с микрозаполнителем (зола, известняковая мука, молотый песок





мелкозернистый бетон применяют:

- для изготовления тонкостенных железобетонных конструкций , армируя этот бетон стальными ткаными сетками, получают **армоцемент** -высокопрочный материал для тонкостенных конструкций ;
- для изготовления железобетонных конструкций в районах, где отсутствуют щебень и гравийно-песчаная смесь;

Особенности:

Структура- большая однородность и мелкозернистость, высокое содержание цементного камня, отсутствие жесткого каменного скелета, повышенные пористость и удельная поверхность твердой фазы.

Составы:

Для мелкозернистого бетона на мелком песке оптимальными оказываются составы 1:1-1:1,5.

Свойства: Мелкозернистый бетон обладает повышенной прочностью при изгибе $R_{изг} = 2-20$ МПа, при вибрационных нагрузках, водонепроницаемостью и морозостойкостью.

Состав бетона					Расплав конуса, мм	12 ч				1 сут					
Песок, мас.%	Песок речной с модулем крупности 1,9, мас.%	Тонкодисперсный молотый кварцевый песок, мас.%	Добавка, мас.%	Прочность на растяжение при изгибе		Прочность на сжатие		Прочность на растяжение при изгибе		Прочность на сжатие		Прочность на растяжение п изгибе			
				МПа		% к контр.	МПа	% к конт.	МПа	% к конт.	МПа	% к конт.	МПа	% к ко	
7	-	53.9	-	-	115	1.47	100	17,8	100	3,1	10	35,6	100	5,3	100
0.5	54.7	-	-	Комплексная добавка 0,28	114	2,1	143	21,6	121	3.3	107	38,0	107	5,8	109
0.0	55.0	-	-	Комплексная добавка 0.42	114	2.2	150	24.0	135	3.6	116	39.2	110	6.1	115
5	-	55,5	1,78	Петролафс 0.28	115	2,5	170	25,8	145	4,4	142	46,6	131	7,6	143
51	-	55.7	2.66	Петролафс 0.35	115	2.6	177	26.4	148	4.7	152	47.7	134	8.0	151
2	-	56.0	3.55	Петролафс 0.42	114	2,6	177	27.8	156	4.9	158	48.1	135	8.1	153

Определение параметров пористости мелкозернистых бетонов

№№ п/п	Расход материалов, кг/м ³			Добавка		Полный объем пор, Wп, %	Показатели пористости			Капил- лярный подсос, %
	цемент	песок	вода	наиме- нование	кол-во		Wо, %	λ	α	
1	535	1610	165	--	--	18,1	6,3	0,9	0,5	6,1
2	540	1620	155	ЛСТ	0,2	17,2	5,6	0,8	0,6	5,3
3	540	1640	150	С-3	0,5	16,8	5,4	0,8	0,6	5,2
4	555	1670	145	С-3 СДО	0,4 0,02	15,8	4,3	0,7	0,6	4,3
5	545	1640	150	ЛСТ СДО	0,2 0,02	16,1	4,5	0,7	0,6	4,4
6	545	1640	150	С-3 СНВ	0,4 0,005	16,1	4,8	0,7	0,6	4,5
7	545	1640	150	ЛСТ СДО	0,2 0,02	16,5	4,5	0,7	0,6	4,3

Таблица 1

**Структурные характеристики мелкозернистого бетона
(состав 1:3, подвижность 110–112 мм расплыва конуса)**

№ п/п	Вид и количество добавки, %	$R_{ост}$ МПа	Водопоглоще- ние W_{24} , % по массе	Однород- ность пор по размерам, α	Показатель среднего размера пор, λ_2
1	без добавки	0,1	8,0	0,4	1,8
2	без добавки	0,01	6,8	0,5	1,2
3	0,5% С-3	0,1	6,3	0,5	0,67
4	0,5% С-3	0,01	4,4	0,6	0,32

Режим виброуплотнения	Время виброуплотнения, с	Физико-механические характеристики мелкозернистого бетона								
		В/В	В/Ц	Средняя плотность, кг/м ³ при наполнении Ц:МН			Прочность бетона, МПа		Водопоглощение, %	Прирост прочности, %
				1:0	1:08	1:3	R_b	R_{bt}		
A=1,25мм, f=50Гц	180	0,303	$\frac{0,546}{0,0750^*}$	2135	2270	1920	70	7,3	7,0	0,0
A=0,70мм, f=167Гц	150	0,307	$\frac{0,552}{0,0755^*}$	2175	2302	1970	83	9,5	3,5	18,6
A=1,45мм, f=50Гц A=0,20мм, f=167Гц	120	0,310	$\frac{0,559}{0,0757^*}$	2230	2326	2100	94	11,0	2,8	34,3

Примечание: * В знаменателе – водотвердое отношение.

Зависимости прочности песчаного бетона от его состава.

При $V/C = 0,3$ зависимость прочности от расхода цемента прямолинейна: уменьшение расхода цемента приводит к резкому понижению прочности бетона, так как при малом содержании цемента смесь становится все менее удобообрабатываемой, хуже уплотняется, а ее плотность и соответственно прочность постепенно уменьшаются.

Наивысшую прочность показывает в этом случае цементный камень.

При более высоких значениях водоцементного отношения ($V/C=0,4$ и выше) наивысшая прочность бетона достигается при определенном оптимальном соотношении между цементом и песком. При этом соотношении достигается максимальная плотность бетонной смеси.

При меньших расходах цемента удобообрабатываемость смеси постепенно снижается, что затрудняет ее укладку и приводит к постепенному понижению прочности и плотности бетона

При более высоком содержании цемента возрастает количество избыточной воды в бетоне, соответственно увеличивается пористость и понижается прочность.

Для каждого состава бетона имеется оптимальное значение V/C , при котором получаются наивысшие прочность и плотности бетона.

Степень снижения прочности бетона зависит как от качества песка, так и от состава бетона, увеличиваясь с уменьшением расхода цемента. Если в обычном бетоне замена крупного песка мелким понижает прочность всего на 5... 10%, то в мелкозернистом бетоне прочность может уменьшиться на 25 . 30%, а максимальная прочность песчаного бетона состава 1:2 .1:3, которой можно достигнуть при определенной интенсивности уплотнения, иногда снижается в 2... 3 раза. Поэтому для мелкозернистых бетонов желательно использовать крупные чистые пески или обогащать мелкий песок более крупными высевками от дробления камня, мелким гравием. Состав мелкозернистого бетона и качество песка определяют эффективность использования цемента в бетоне.
