



ВЫСОКОПРОЧНЫЙ МОДИФИЦИРОВАННЫЙ КЕРАМЗИТОБЕТОН КЛАССОВ В50-В65: РЕАЛЬНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ

С.С. Каприелов, д.т.н., академик РААСН – НИИЖБ им. А.А. Гвоздева
АО «НИЦ «Строительство»

Н.М. Селютин, инж. – ООО «Предприятие Мастер Бетон»



Введение

- Предусмотренный действующими нормативными документами (в частности СП 63.13330.2018) классификационный ряд легких конструкционных бетонов ограничивается классом В40.
- Соответственно ограничиваются и нормативные характеристики легких бетонов: предел прочности на осевое сжатие (R_b) и начальный модуль упругости (E_b).
- Прогресс в области модифицирования цементных систем и получения высокопрочных тяжелых и мелкозернистых бетонов, а также технологические возможности в области производства керамзитового заполнителя, создают предпосылки производства высокопрочного конструкционного керамзитобетона.

Продукция керамзитовых заводов



АО «Керамзит» г. Рязань
фр. 0-5 мм, 5-10 мм



**ООО «Винзилинский завод
керамзитового гравия» г. Тюмень**
фр. 0-5 мм, 5-10 мм

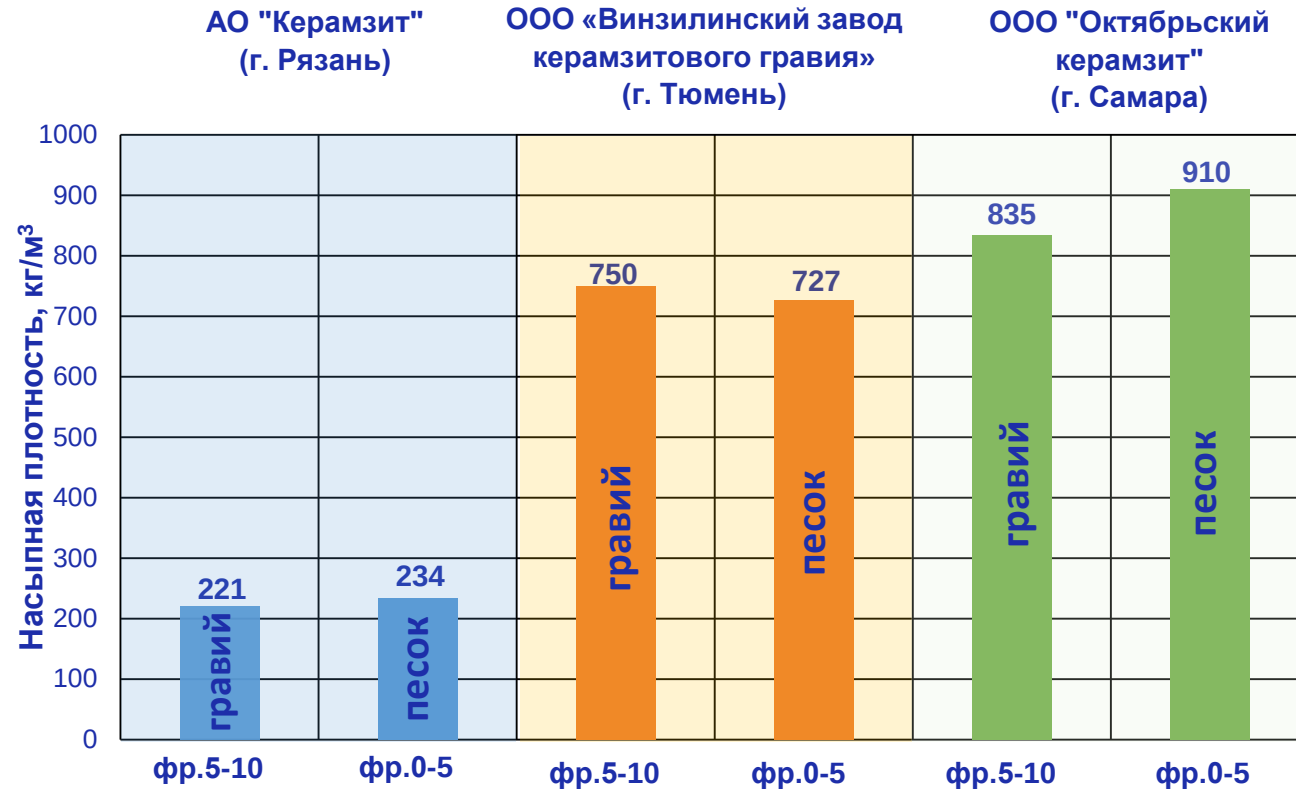


**ООО «Октябрьский
керамзит» г. Самара**
фр. 0-5 мм, 5-10 мм

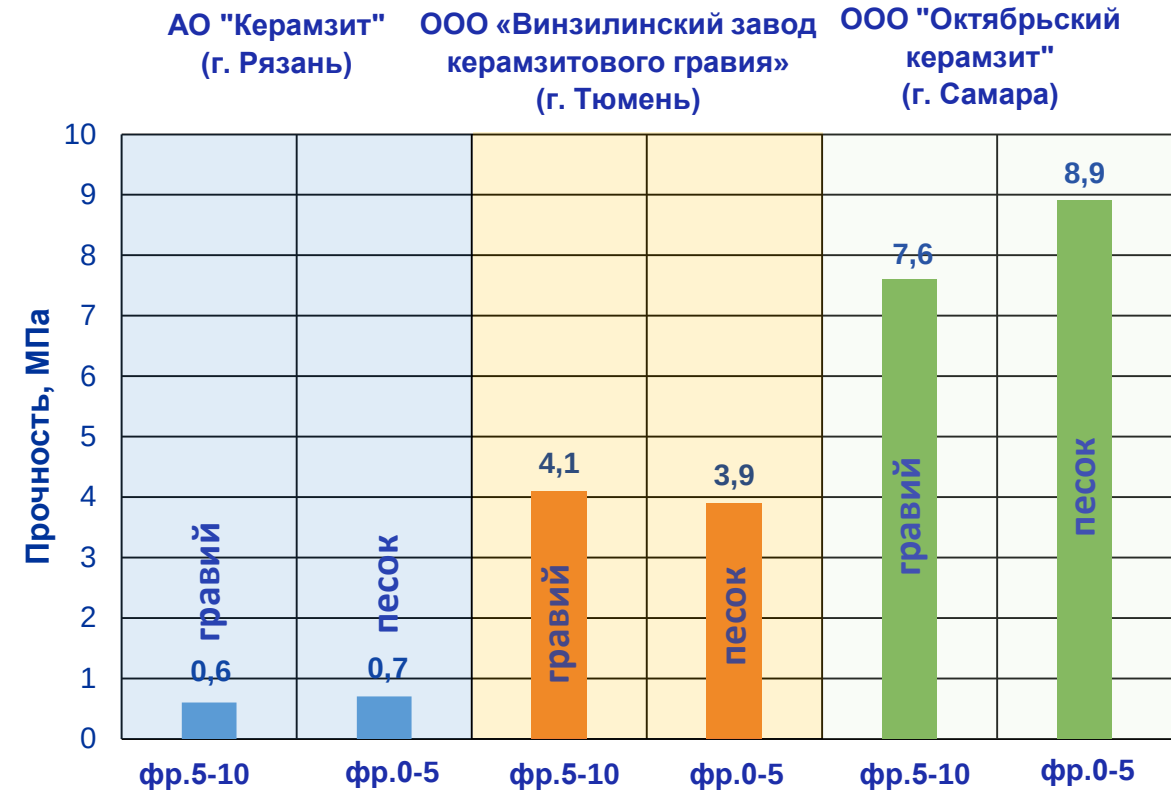
Физические свойства керамзита различных производителей

Показатель качества	Производитель керамзитового заполнителя фракций...					
	АО "Керамзит" (г. Рязань)		ООО «Винзилинский завод керамзитового гравия» (г. Тюмень)		ООО "Октябрьский керамзит" (г. Самара)	
	фр. 0-5 мм	фр. 5-10 мм	фр. 0-5 мм	фр. 5-10 мм	фр. 0-5 мм	фр. 5-10 мм
Марка по насыпной плотности	M250	M250	M800	M800	M1000	M900
Насыпная плотность, кг/м ³	234	221	727	750	910	835
Марка по прочности	П35	П35	П150	П150	П350	П300
Прочность, МПа	0,70	0,60	3,95	4,10	8,90	7,60
Водопоглощение, %	27,50	31,69	20,63	14,89	16,94	11,97

Насыпная плотность керамзита



Прочность керамзита



Основные компоненты модифицированных самоуплотняющихся смесей

- ✓ **Портландцемент марки ЦЕМ 0 52,5Н** с нормальной густотой 24,6 % и содержанием C_3A – 4,9 % (АО «Новоросцемент»), соответствующий требованиям ГОСТ 31108;
- ✓ **МБ 10-50С** - органоминеральный модификатор бетона, содержащий в своем составе микрокремнезем конденсированный, золу-уноса и суперпластификатор (ООО «Предприятие Мастер Бетон»), соответствующий ГОСТ Р 56178 и ТУ 5743-083-46854090-98 с изм. № 1-3;
- ✓ **Песок кварцевый** I класса с модулем крупности $M_{кр}=2,55$, плотностью 2650 кг/м³, с содержанием пылевидных и глинистых частиц 0,95% (АО «Мансуровское карьероуправление»), соответствующий ГОСТ 8736;
- ✓ **Песок керамзитовый** фракции 0...5 мм, насыпной плотностью от 234 кг/м³ до 910 кг/м³ и марки по насыпной плотности от М250 до М1000, соответствующий ГОСТ 32496;
- ✓ **Гравий керамзитовый** фракции 5...10 мм, насыпной плотностью от 221 кг/м³ до 835 кг/м³ и марки по насыпной плотности от М250 до М900, соответствующий ГОСТ 32496.

Составы и свойства бетонных смесей

№ серии	№ состава	Производитель керамзитового заполнителя	Дозировка компонентов на 1 м³ смеси						Характеристики бетонной смеси		
			Ц, кг/м³	МБ, кг/м³	П, кг/м³	КП, кг/м³ / м³	КГ, кг/м³ / м³	В, л/м³	В/(Ц+МБ)	γ, кг/м³	ОК / РК, см
1	1	ООО "Октябрьский керамзит" (г. Самара)	530	127	625	-	625 / 0,36	149	0,23	2057	- / 69
	2	ООО «ВЗКГ» (г. Тюмень)	501	120	591	-	591 / 0,39	153	0,25	1956	- / 60
	3	АО "Керамзит" (г. Рязань)	526	126	621	-	159 / 0,37	147	0,23	1580	- / 58
2	4	ООО "Октябрьский керамзит" (г. Самара)	548	88	647	-	647 / 0,37	150	0,24	2080	- / 67
	5	ООО «ВЗКГ» (г. Тюмень)	513	82	606	-	606 / 0,40	162	0,27	1969	- / 57
	6	АО "Керамзит" (г. Рязань)	548	88	646	-	165 / 0,38	153	0,24	1600	- / 55
3	7	ООО "Октябрьский керамзит" (г. Самара)	593	142	-	398 / 0,23	597 / 0,34	174	0,24	1904	25 / -
	8	ООО «ВЗКГ» (г. Тюмень)	518	124	-	348 / 0,23	522 / 0,34	169	0,26	1681	21 / -
	9	АО "Керамзит" (г. Рязань)	680	163	-	120 / 0,28	181 / 0,42	173	0,21	1318	21 / -

Самоуплотняющиеся легкие бетонные смеси с РК = 50-70 см



Расплыв стандартного конуса

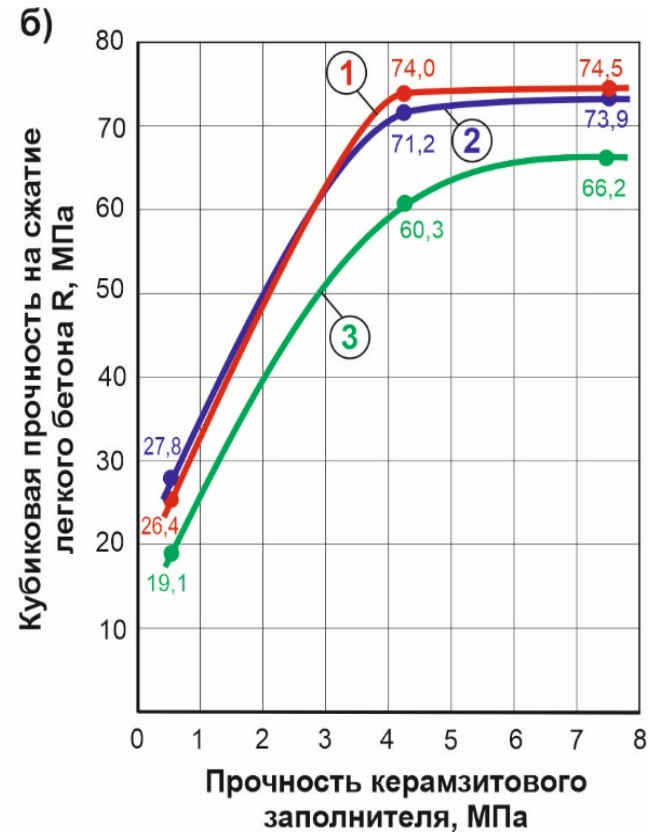
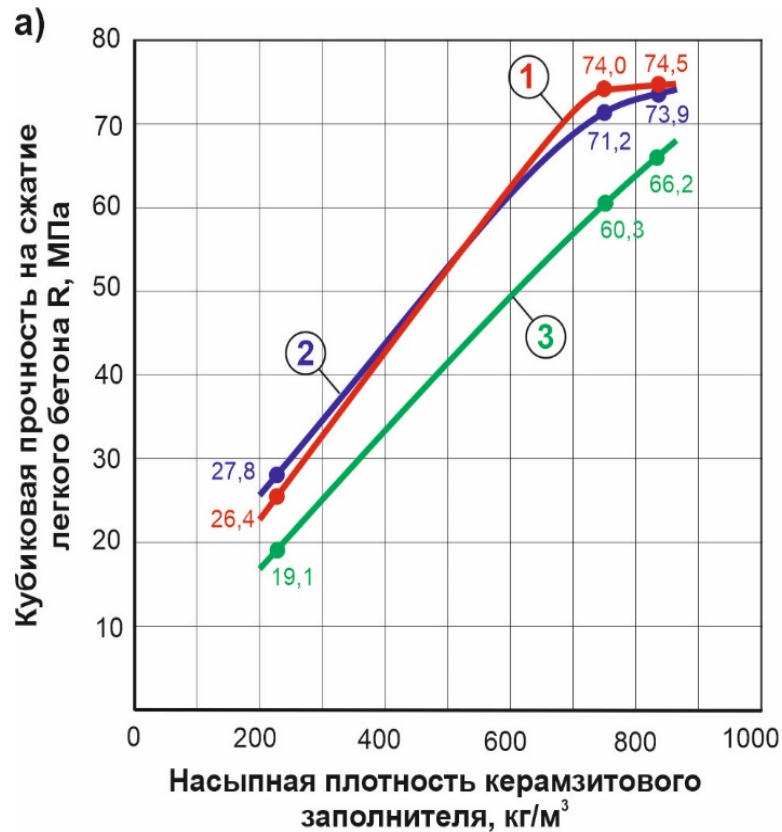


Приготовление бетонной смеси

Физико-технические характеристики легких бетонов в возрасте 28 суток

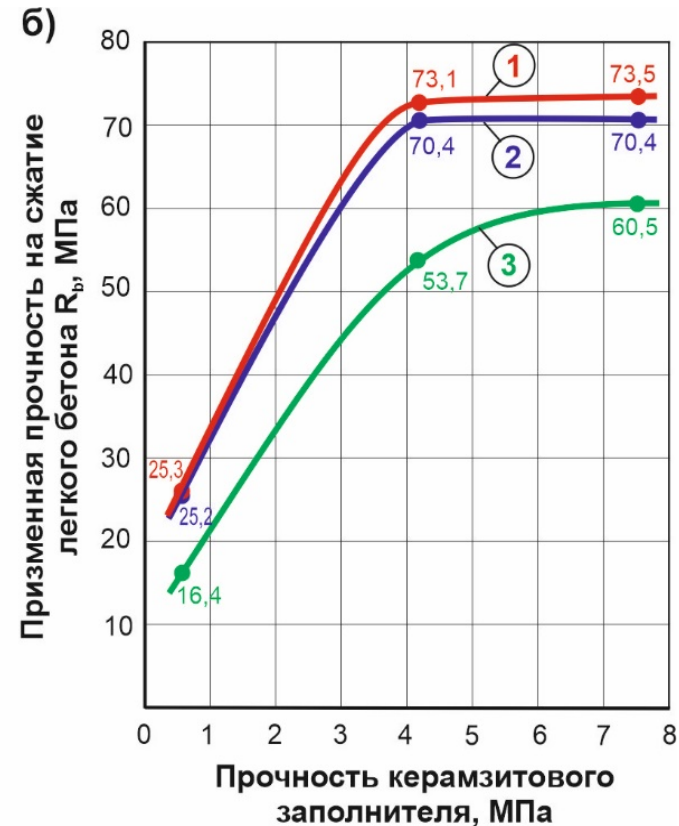
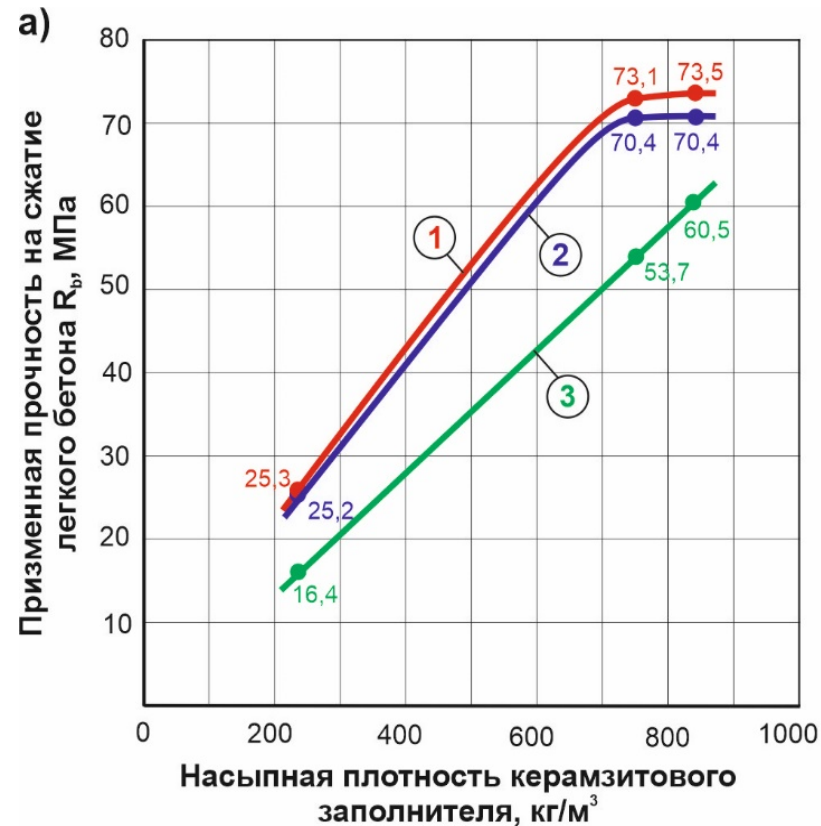
№ серии	№ состава	Производитель керамзитового заполнителя	Физико-технические характеристики легких бетонов						
			$\gamma_{\text{сух}},$ кг/м ³	D, кг/м ³	R, МПа	R _b , МПа	R _b /R	B _ф , МПа	E _b , ГПа
1	1	ООО "Октябрьский керамзит" (г. Самара)	1968	2000	74,5	73,3	0,98	65	24,5
	2	ООО «ВЗКГ» (г. Тюмень)	1868	1900	74,0	73,1	0,99	65	25,8
	3	АО "Керамзит" (г. Рязань)	1543	1600	26,4	25,3	0,96	23	21,6
2	4	ООО "Октябрьский керамзит" (г. Самара)	1948	2000	73,9	70,4	0,95	65	24,8
	5	ООО «ВЗКГ» (г. Тюмень)	1866	1900	71,2	70,4	0,99	62	25,6
	6	АО "Керамзит" (г. Рязань)	1556	1600	27,8	25,2	0,91	24	23,3
3	7	ООО "Октябрьский керамзит" (г. Самара)	1765	1800	66,2	60,5	0,91	58	23,2
	8	ООО «ВЗКГ» (г. Тюмень)	1560	1600	60,3	53,7	0,89	52	21,2
	9	АО "Керамзит" (г. Рязань)	1316	1300	19,1	16,4	0,86	16	13,6

Зависимость кубиковой прочности легкого бетона от насыпной плотности (а) и прочности (б) керамзитового заполнителя



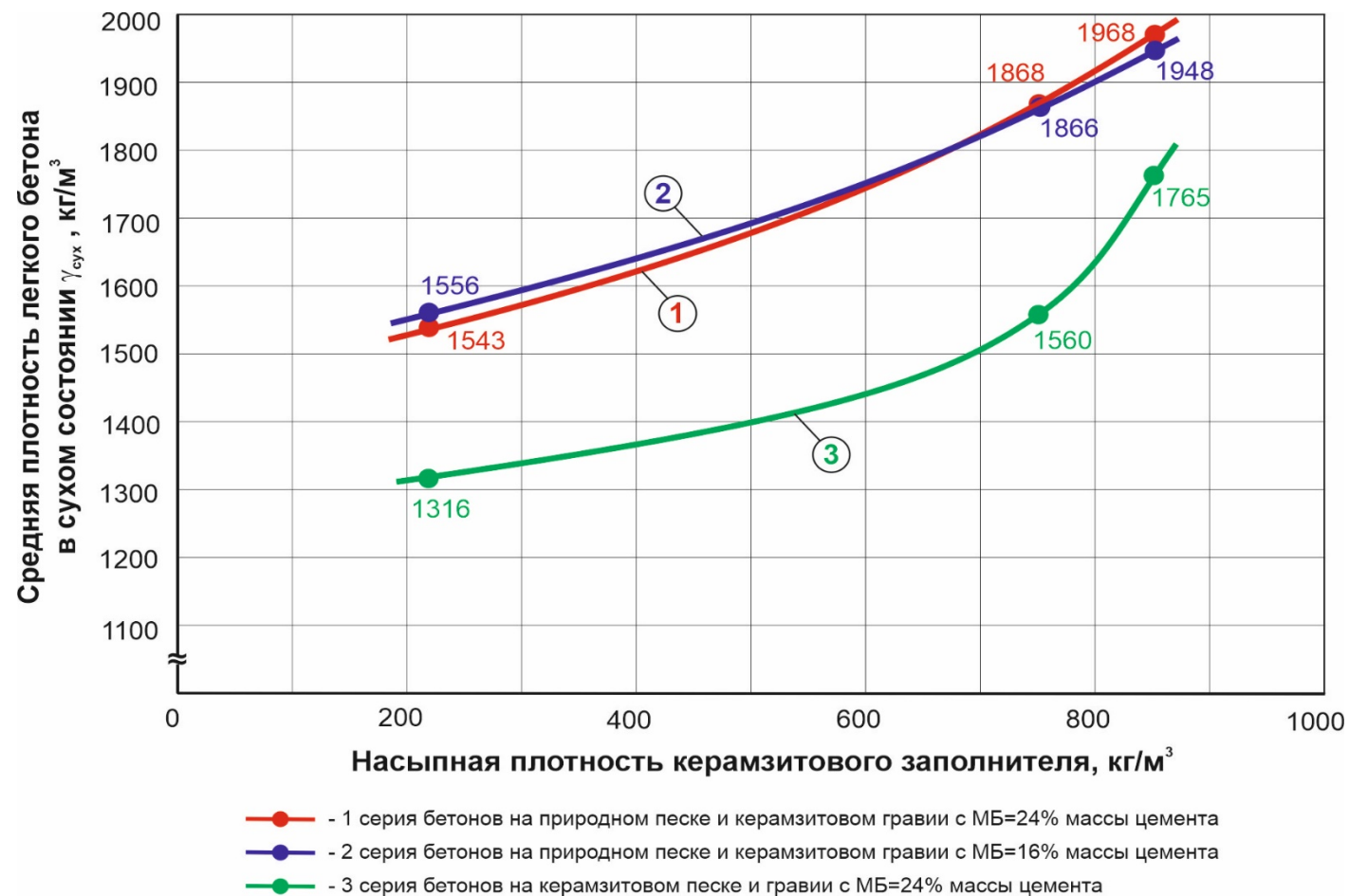
- 1 серия бетонов на природном песке и керамзитовом гравии с МБ=24% массы цемента
- 2 серия бетонов на природном песке и керамзитовом гравии с МБ=16% массы цемента
- 3 серия бетонов на керамзитовом песке и гравии с МБ=24% массы цемента

Призменная прочность легкого бетона в зависимости от насыпной плотности (а) и прочности (б) керамзитового заполнителя

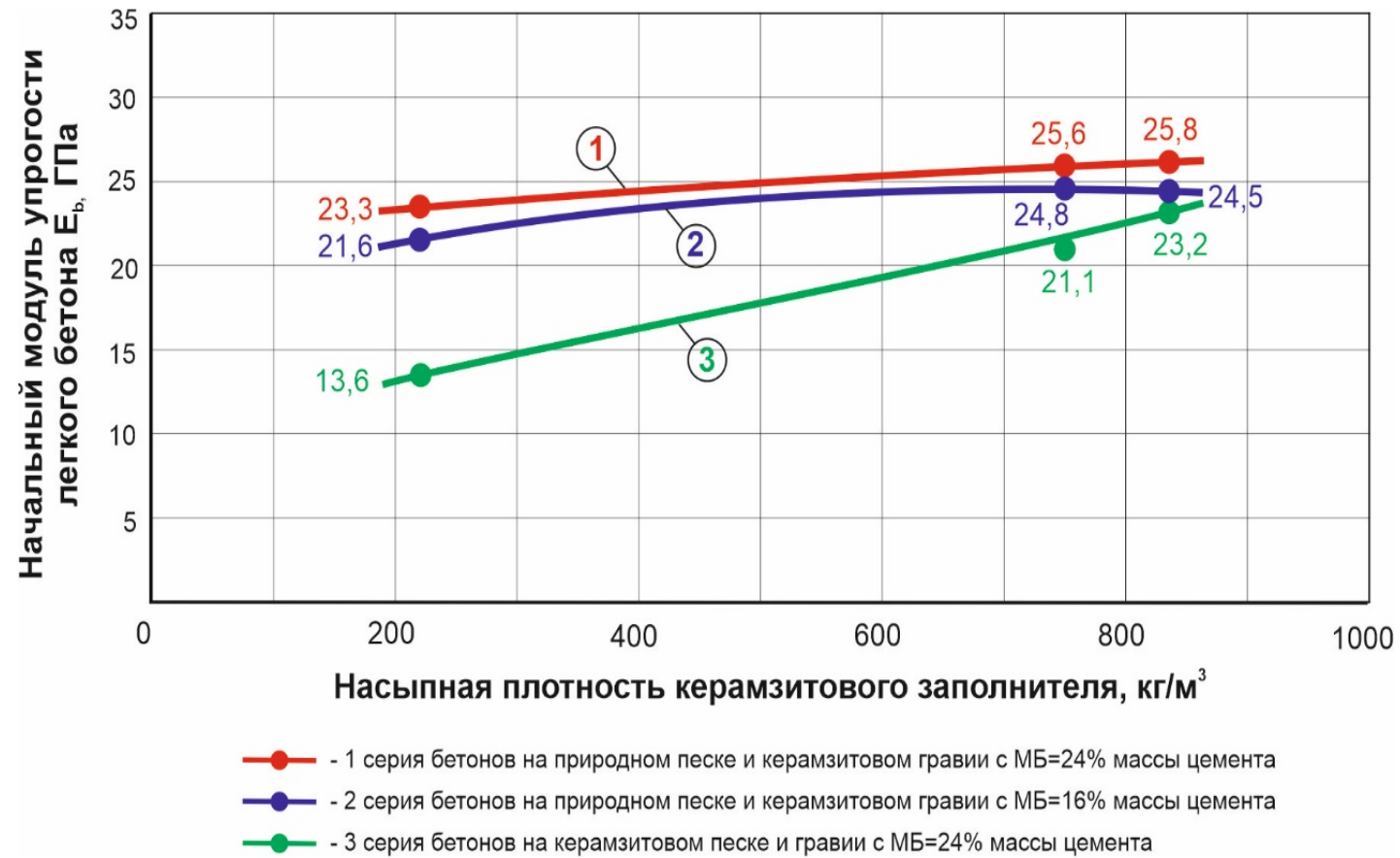


- 1 серия бетонов на природном песке и керамзитовом гравии с МБ=24% массы цемента
- 2 серия бетонов на природном песке и керамзитовом гравии с МБ=16% массы цемента
- 3 серия бетонов на керамзитовом песке и гравии с МБ=24% массы цемента

Средняя плотность легкого бетона в сухом состоянии в зависимости от насыпной плотности керамзитового заполнителя



Начальный модуль упругости легкого бетона в зависимости от насыпной плотности керамзитового заполнителя



Структура легких бетонов из самоуплотняющихся смесей с РК = 55-70 см на заполнителях различных производителей



АО «Керамзит» г. Рязань

$\rho = 1318-1600 \text{ кг/м}^3$

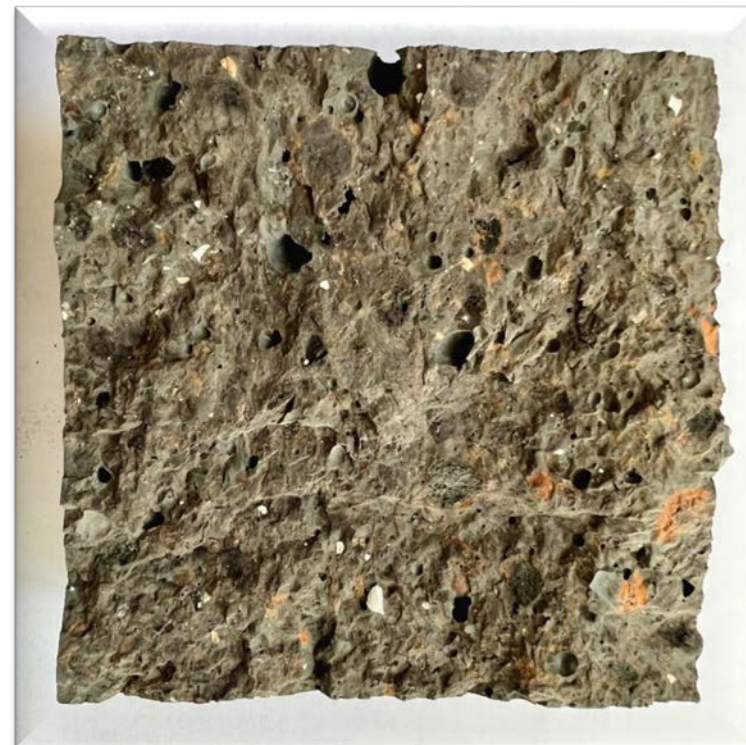
$R = 19,1 - 26,4 \text{ МПа}$



**ООО «Винзилинский завод
керамзитового гравия» г. Тюмень**

$\rho = 1560-1868 \text{ кг/м}^3$

$R = 60,3 - 74,0 \text{ МПа}$



**ООО «Октябрьский керамзит»
г. Самара**

$\rho = 1765-1968 \text{ кг/м}^3$

$R = 66,2 - 73,9 \text{ МПа}$

Практическое применение легкого бетона

Административно-управленческое
25-ти этажное здание
на ул.Наметкина, вл.14

Конструкции каркаса из конструкционного
легкого бетона **B40 П5 D1800**

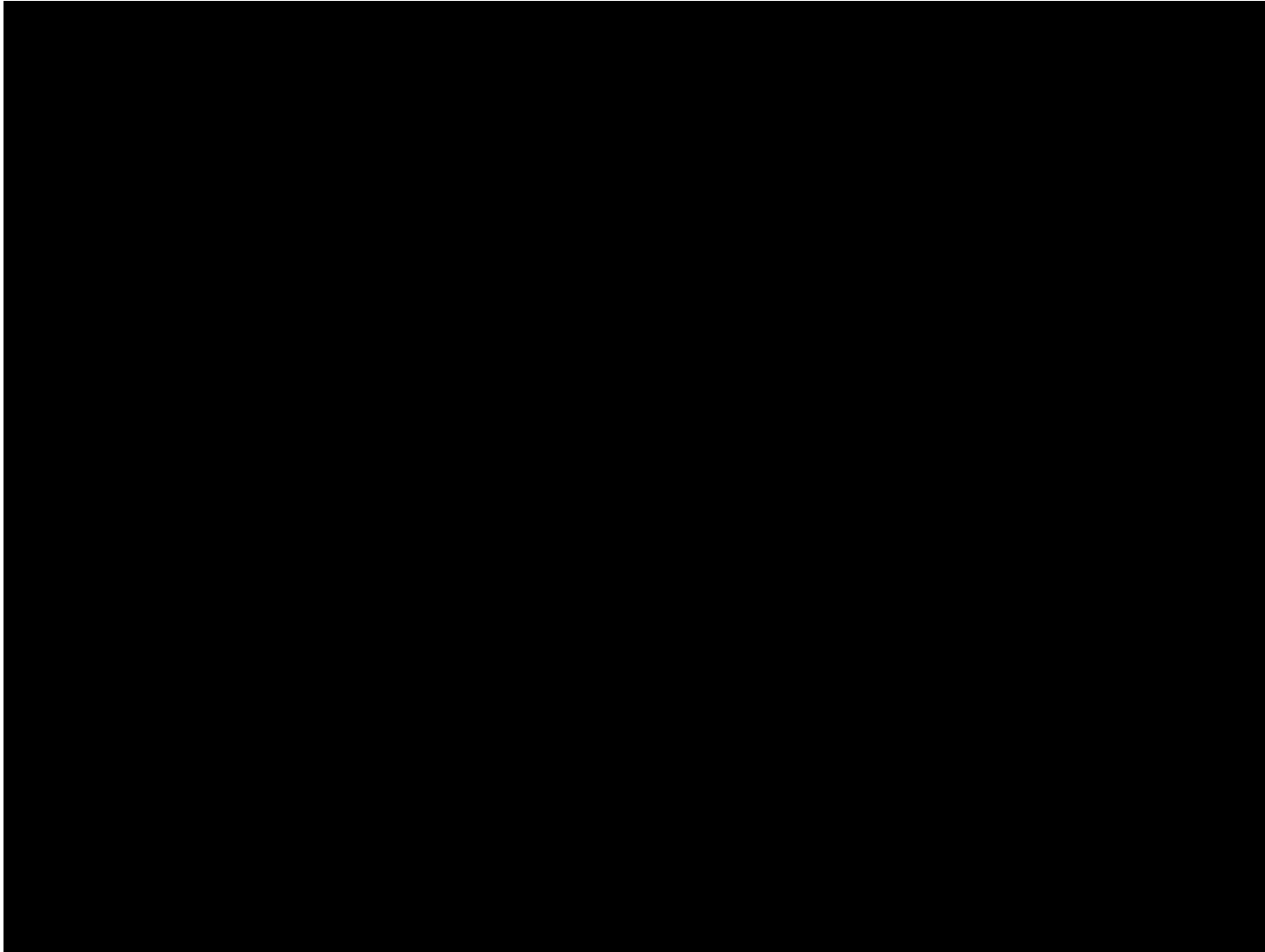
Постнапряжение конструкций:
перекрытий, стен и колонн

Объем уложенного бетона - **13 000 м³**



Административно-управленческое 25-ти этажное здание на ул.Наметкина, вл.14





Перспективы применения легких высокопрочных конструкционных бетонов

Интерес к применению высокопрочных легких конструкционных бетонов стремительно растет. Обусловлено это прежде всего активным строительством высотных и сверхвысотных зданий, где немаловажным критерием является вес здания, а также применение таких бетонов в сейсмоактивных регионах.

ВЫВОДЫ

- Получен модифицированный самоуплотняющийся керамзитобетон марок по плотности D1600-D2000 классов B50-B65.
- Основные характеристики бетонных смесей:
 - ✓ Подвижность смеси (PK) - 50 - 70 см, что относит их к категории самоуплотняющихся;
- Основные характеристики бетонов в возрасте 28 суток:
 - ✓ кубиковая (R) - от 60,3 до 74,5 МПа;
 - ✓ призмная (R_b) – 53,7 – 73,5 МПа;
 - ✓ модуль упругости (E_b) – 21,6 - 25,8 ГПа.
- Вышеуказанные характеристики легких бетонов превышают нормативные значения, предусмотренные СП 63.13330.2018;
- Полученные нами характеристики легких конструкционных бетонов являются экспериментальными и будут дополнительно исследоваться, и уточняться под конкретно поставленные задачи.

Спасибо за внимание