

ЛЕКЦИЯ 6.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВОВ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

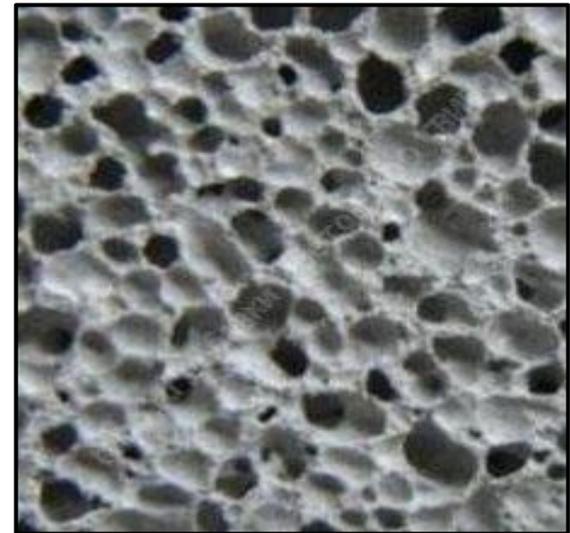
Вопросы: Особенности легких и ячеистых бетонов.

Алгоритмы задач оптимизации составов бетона.

*Проектирование составов бетона с применением
математического планирования эксперимента.*

ГОСТ 25485-89 Бетоны ячеистые. ТУ

[ГОСТ 25820-2000 «Бетоны легкие. ТУ»](#)



Легкие бетоны

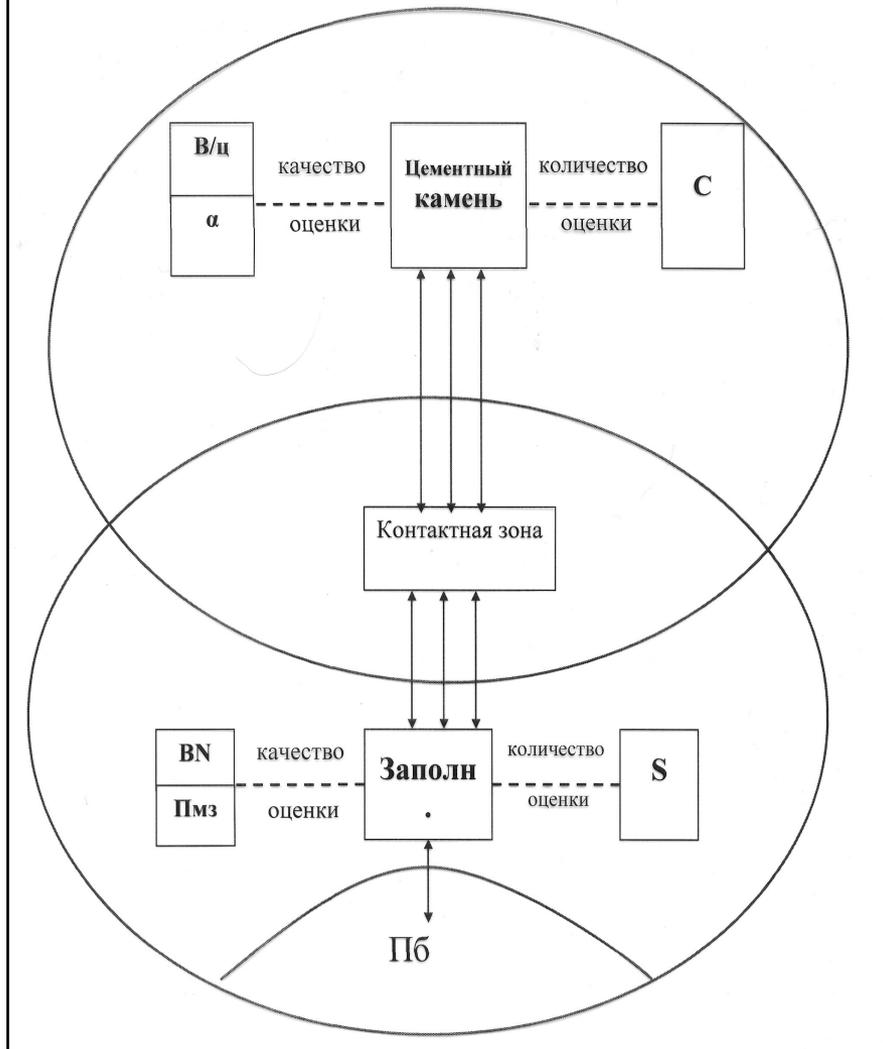
бетоны с пониженной плотностью (менее 2000кг/м^3), обладающие внутризерновой и межзерновой пористостью, обусловленной пористостью применяемых заполнителей и специальными техническими приемами, используемыми при изготовлении бетонной смеси.

КЛАССИФИКАЦИЯ Л.Б.

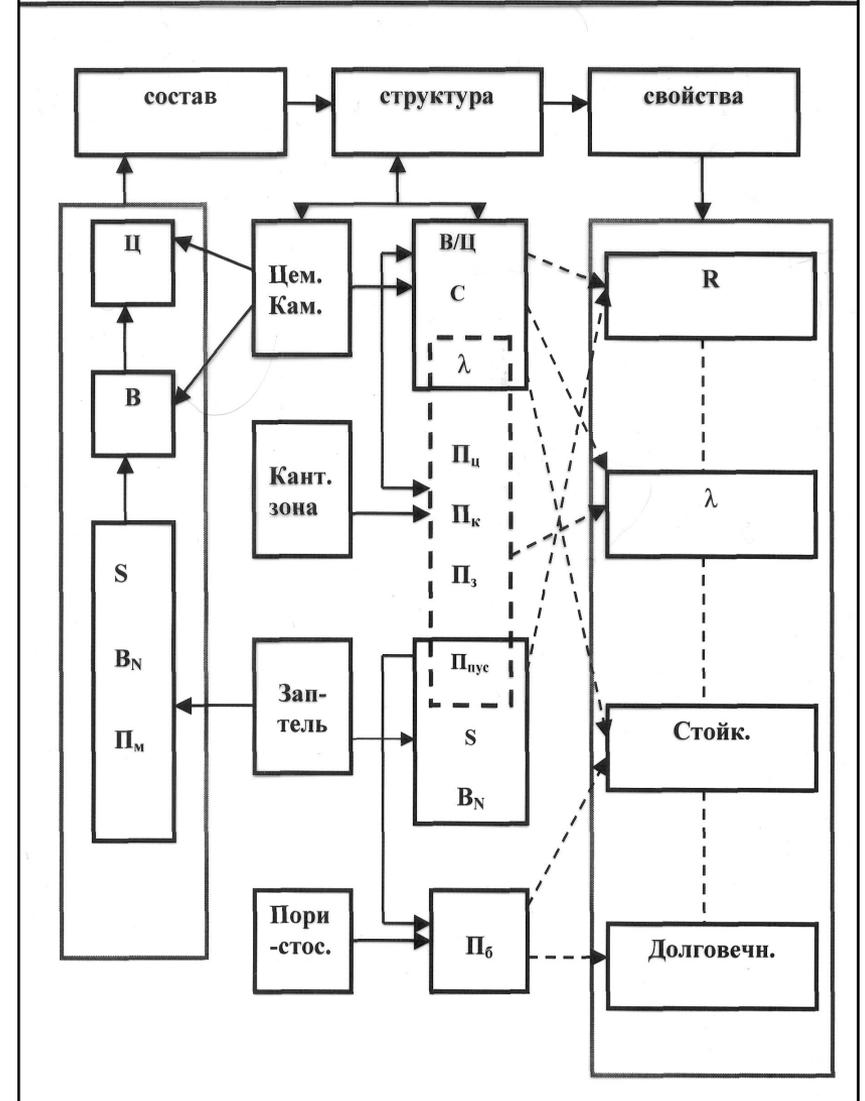
Показатели	Категории		
	I	II	III
Вид Л.Б.	Конструкционный	Конструкционно-теплоизоляционный	Теплоизоляционный
γ_n , кг/м^3	<2000	не нормируется	не нормируется
$R_{сж}$, МПа	>15	>3,5	>0,5
λ , $\text{Вт/м}^0\text{С}$	-	<0,6	<0,3

Назначение бетона	Марка бетона		Класс бетона по прочности на сжатие для бетона на различных видах пористого заполнителя						
	по средней плотности	по морозостойкости	на вспученном вермикулите	на вспученном перлитовом щебне	на керамзитовом, шунгизитовом, зольном гравии	на щебне из пористых горных пород	на шлакопемзовом щебне или гравии	на золошлаковых смесях ТЭС, пористом топливном шлаке, аглопоритовом щебне	на термолитовом щебне или гравии
Теплоизоляционный	D200	не нормируется	B0,35-B0,75	-	-	-	-	-	-
	D300		B0,35-B2	B0,35-B0,75	-	-	-	-	-
	D400		B0,35-B2	B0,35-B2	B0,35-B2	-	-	-	-
	D500		B1-B2	B1-B2	B1-B2	-	-	-	-
Конструкционный-теплоизоляционный	D600	-	-	B2,5	B2,5	-	-	-	-
	D700	F25	-	B2,5;B3,5	B2,5;B3,5	-	-	-	-
	D800	F25	-	B2,5-B5	B2,5-B5	B2,5	-	-	-
	D900	F25-F50	-	B2,5-B7,5	B3,5-B7,5	B2,5;B3,5	-	-	-
	D1000	F25-F100	-	B5-B10	B3,5-B10	B2,5-B5	B2,5	B2,5	-
	D1100	F25-F100	-	B5-B10	B3,5-B10	B2,5-B7,5	B2,5;B3,5	B2,5;B3,5	-
	D1200	F35-F100	-	B7,5;B10	B5-B10	B2,5-B10	B2,5-B5	B2,5-B5	-
	D1300	F35-F100	-	B10	B5-B10	B3,5-B10	B2,5-B7,5	B3,5-B7,5	-
	D1400	F35-F100	-	-	B5-B10	B5-B10	B3,5-B10	B5-B10	-
	D1500	F35-F100	-	-	-	B7,5;B10	B5-B10	B7,5;B10	-
D1600	F75;F100	-	-	-	B10	B7,5;B10	B10	-	
Конструкционный	D1100	F100	-	B12,5	B12,5	-	-	-	-
	D1200	F100	-	B12,5	B12,5;B15	-	-	-	-
	D1300	F100;F150	-	B12,5;B15	B12,5-B22,5	B12,5	-	-	-
	D1400	F100;F150	-	B12,5;B15	B12,5-B25	B12,5	B12,5	-	-
	D1500	F100-F300	-	B15	B12,5-B30	B12,5;B15	B12,5;B15	B12,5	B12,5;B15
	D1600	F100-F400	-	B15	B15-B35	B12,5-B20	B12,5-B20	B12,5-B20	B12,5-B20
	D1700	F150-F500	-	-	B15-B40	B15-B22,5	B12,5-B25	B12,5-B22,5	B12,5-B22,5
	D1800	F150-F500	-	-	B20;B40	B15-B25	B20-B30	B15-B25	B20-B35
	D1900	F200-F500	-	-	B35;B40	B20-B30	B22,5-B40	B20-B30	B25-B40
	D2000	F200-F500	-	-	-	B25;B30	B40	B25;B30	B35;B40

СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕГКОГО БЕТОНА



Регулирование свойств Л.Б.

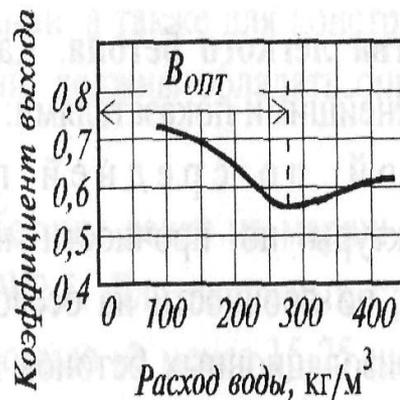
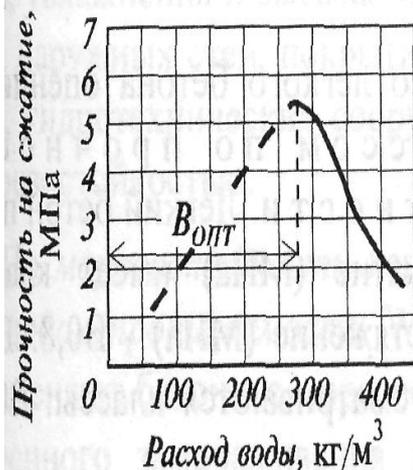


Теория легких бетонов основана на зависимости прочности легкого бетона, плотности и коэффициента выхода β от расхода воды, установленной Н.А. Поповым.

Коэффициент выхода вычисляют по формуле

$$\beta = \frac{V_{б.с.}}{V_{ц} + V_{м} + V_{к}},$$

где $V_{б.с.}$, $V_{ц}$, $V_{м}$, $V_{к}$ - объемы: уплотненной бетонной смеси, цемента, мелкого и крупного заполнителей; β - всегда меньше единицы (0,6-0,8).



$V_{опт}$ - оптимальное количество воды.

Оценка плотности легкого бетона

$$\gamma_6 = a\gamma_u + (1-a)\gamma_3$$

$$\gamma_6 = \frac{u + 0,23u}{\gamma_u} \gamma_u + \left(1 - \frac{u + 0,23u}{\gamma_u}\right) \gamma_3$$

$$\gamma_6 = \gamma_3 + 1,23u \left(1 - \frac{\gamma_3}{\gamma_u}\right)$$

$(\gamma_3/\gamma_u) < 1$ - Л.Б.

$(\gamma_3/\gamma_u) > 1$ - Т.Б.

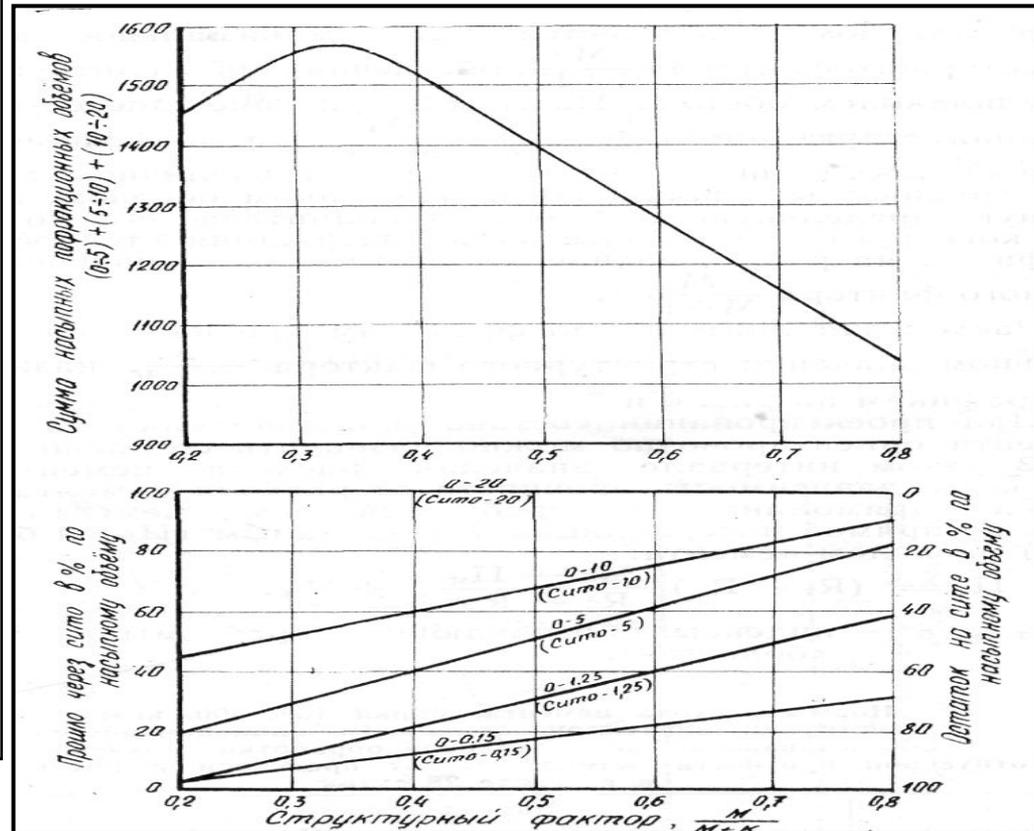
$(\gamma_3/\gamma_u) \sim 1$ - Л.Б. - ОПТИМ.

Проектирование состава легкого бетона

Автор, источник	Рекомендации
Ю.М.Баженов [9]	1. Объемная концентрация крупного заполнителя 2. $K = 1000 \rho_{\text{ц}} \gamma_{\text{з}}$ 3. $P = \gamma_{\text{б}} - 1,15 \text{Ц} - K$
В.Г.Довжик [154]	1. Расход крупного заполнителя по объему $V_{\text{з}} \text{ м}^3/\text{м}^3$ 2. $K = V_{\text{з}} \cdot \gamma_{\text{з}}^{\text{н}}$ 3. $P = \gamma_{\text{б}} - 1,15 \text{Ц} - K$
И.А.Иванов [79]	1. Дифференцированный расход крупного заполнителя по объему $V_{\text{з}} \text{ м}^3/\text{м}^3$ в зависимости от плотности бетона и заполнителя. 2. $З = \gamma_{\text{б}} - 1,15 \text{Ц}$ 3. $K = V_{\text{з}} \cdot \gamma_{\text{з}}^{\text{н}}$ 4. $P = З - K$
Г.А.Бужевич [20]	1. Максимальный расход суммарного объема смеси мелких и крупных заполнителей $V_{\text{з}} \text{ м}^3/\text{м}^3$ 2. Минимальная доля песка $г$ 3. $P = V_{\text{з}} \cdot \gamma_{\text{з}}^{\text{н}}$ 4. $K = З - P$
М.З.Симонов [157]	Гранулограммы на основании $Y = \left(\frac{d}{D}\right)^n$ $u_{\text{з}} = (Y - c) \frac{1000}{100 - c}$
Н.Я.Спивак [168]	Гранулограммы на основании $u = \left(\frac{x}{D}\right)^n$ с последующей расшифровкой через агрегатно-структурный фактор $\frac{M}{M+K}$
И.Н.Ахвердов [8]	Гранулограммы на основе пустотности исходных заполнителей и их смеси
Н.А.Попов [141]	Гранулограммы на основании $u = 100 \sqrt{\frac{x - 0,15}{D - 0,15}}$

$$\gamma_{\text{б}} = 1,15 \text{Ц} + \text{П} + \text{К};$$

$$\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{ц}}} + \frac{\text{П}}{\gamma_{\text{з.п}}} + \frac{\text{К}}{\gamma_{\text{з.к}}} + \text{В} = 1000,$$



Номограмма расчета зернового состава

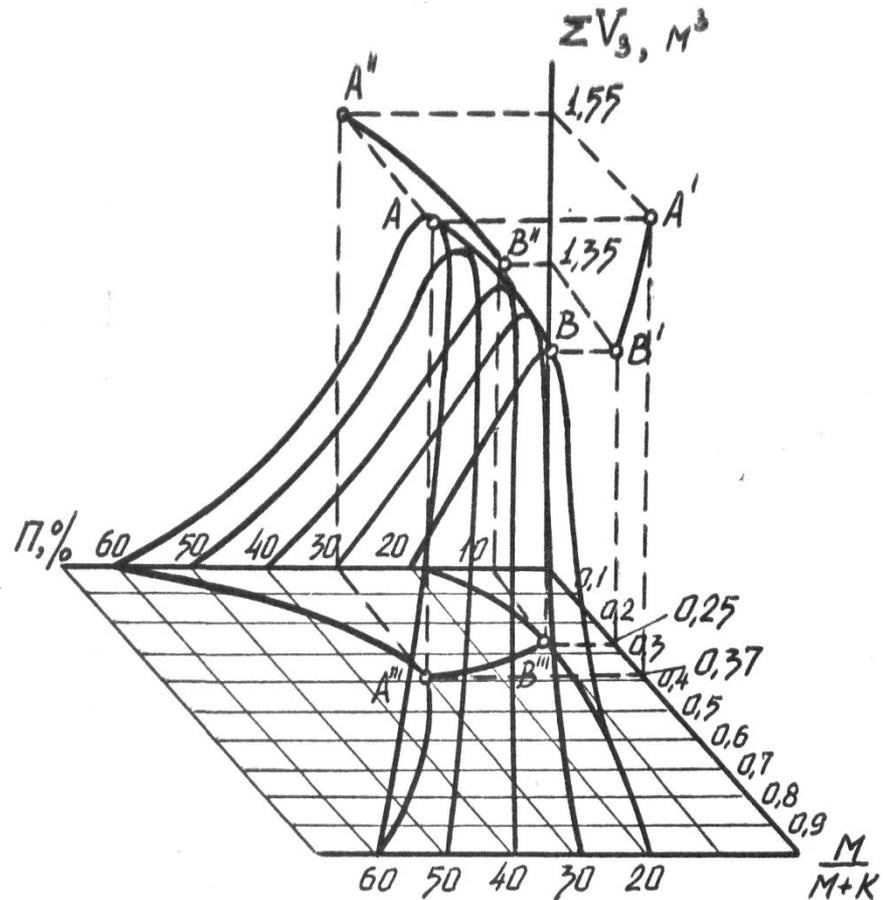
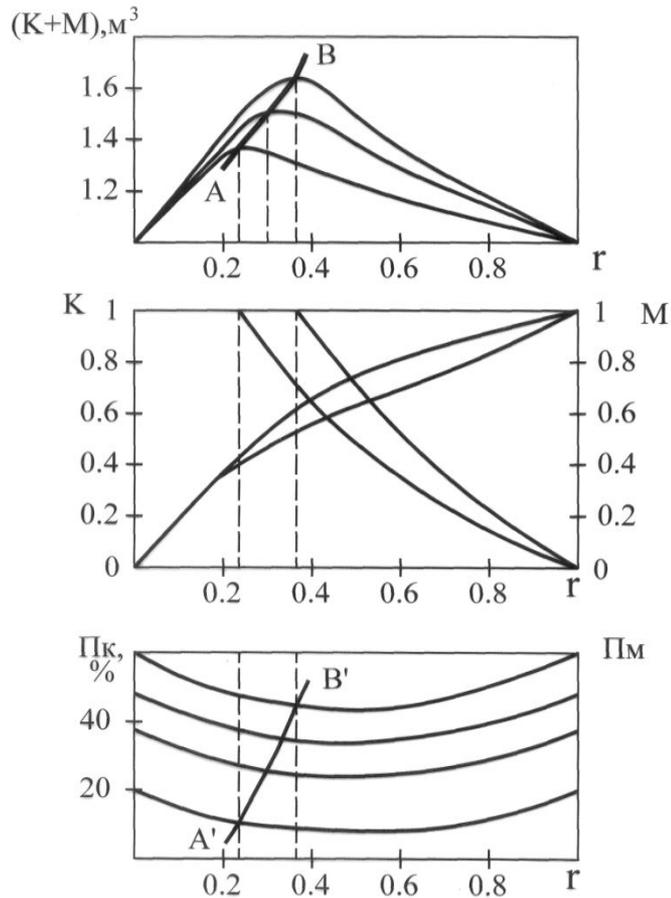


Рис. 53 Зависимость суммы пофракционных объемов
заполнителей от доли мелкой фракции и
межзерновой пустотности

Исходный минимальный расход воды (в л/м³) определяют по формуле:

$$W_{исх} = W_{15к} \cdot K + W_{15м} \cdot M + НГ \cdot Ц, \quad (2.2-7)$$

где W_{15} — водопоглощение за 15 мин. мелкого (м), крупного (к) заполнителей, в долях единицы;

K, M — расход по весу крупных и мелких заполнителей;

$НГ$ — нормальная густота цемента, в долях единицы;

$Ц$ — расход цемента, кг/м³.

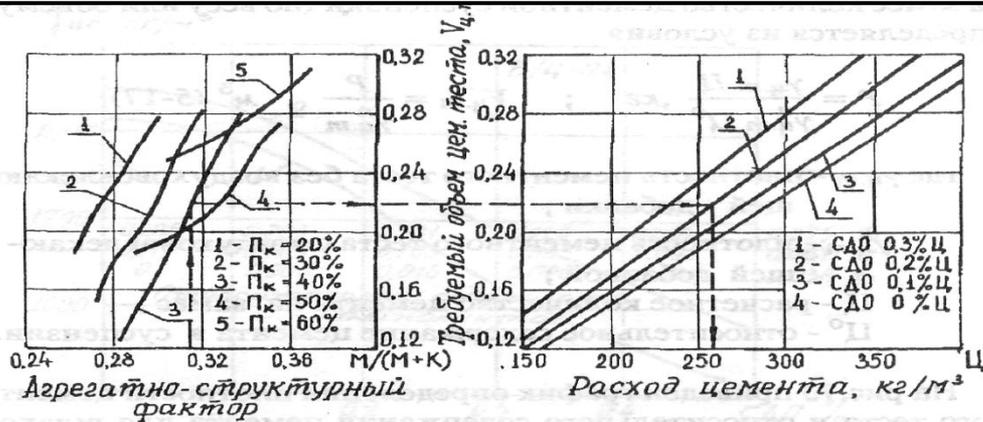
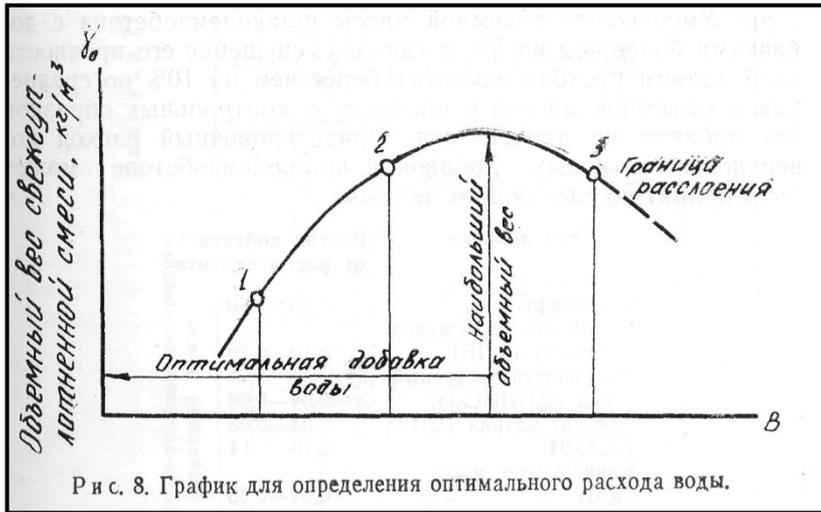


Рис. 74 Номограмма выбора расхода цемента в зависимости от $\frac{M}{M+K}$ и пустотности заполнителя.

$$Ц = V_{ц.т} C_p \gamma_{ц.т}^n Ц_0 \quad (5-18)$$

где $V_{ц.т}$ — требуемый объем цементного теста по (5-15), м³;

C_p — степень разжижения цементного теста $\gamma_{ц.т}^n / \gamma_{ц.т}^n$

$\gamma_{ц.т}^n$ — фактическая плотность цементного теста, кг/м³;

$Ц_0$ — доля цемента в цементном тесте данной степени разжижения.

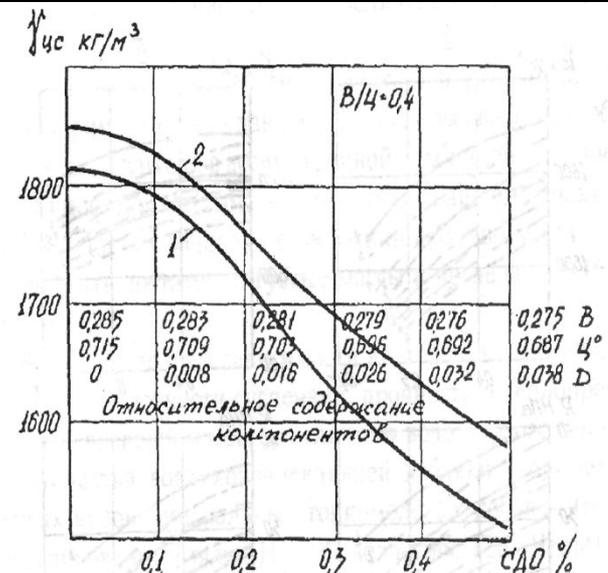


Рис. 73 Зависимость у.р.с. и $Ц^0$ от объема СДО для шлакопортландцемента М300 (1), для портландцемента М400 (2).

Марка бетона по средней плотности	Нормы расхода цемента, кг/м ³ , для конструктивно-теплоизоляционного бетона класса				
	B2	B2,5	B3,5	B5	B7,5
На гравиеподобных заполнителях					
Д600	230	240	—	—	—
Д700	220	230	240	—	—
Д800	210	220	230	240	—
Д900	—	210	220	230	270
Д1000	—	—	210	220	250
Д1100	—	—	—	210	240
Д1200	—	—	—	—	225
Д1300	—	—	—	—	215
На щебнеподобных заполнителях					
Д800	250	—	—	—	—
Д900	230	240	260	—	—
Д1000	220	230	245	275	—
Д1100	210	220	235	260	320
Д1200	—	215	225	245	310
Д1300	—	—	220	240	275
Д1400	—	—	215	230	260
Д1500	—	—	210	225	245
Д1600	—	—	—	210	240

Ориентировочные составы керамзитобетона

Класс бетона	Марка керамзита по насыпной плотности	Средняя плотность бетона в сухом состоянии	Расход материалов на 1 м ³ бетона			
			цемента, кг	керамзита, м ³	кварцевого песка, м ³	добавки СДО, кг
В3,5	300	900	240	1,10...1,20	0,15...0,2	0,4...0,6
	400	1000	230	1,05...1,15	0,15...0,2	0,4...0,6
	500	1100	210	1,03...1,10	0,15...0,2	0,4...0,6
	600	1200	200	1,00...1,05	0,15...0,2	0,4...0,6
В5	300	1000	250	1,10...1,20	0,17...0,22	0,35...0,5
	400	1100	240	1,05...1,15	0,17...0,22	0,35...0,5
	500	1250	230	1,03...1,10	0,17...0,22	0,35...0,5
	600	1350	220	1,00...1,05	0,17...0,22	0,35...0,5
В7,5	400	1100	270	1,05...1,15	0,18...0,23	0,25...0,35
	500	1200	250	1,00...1,10	0,18...0,23	0,25...0,35
	600	1300	230	0,95...1,05	0,18...0,23	0,25...0,35

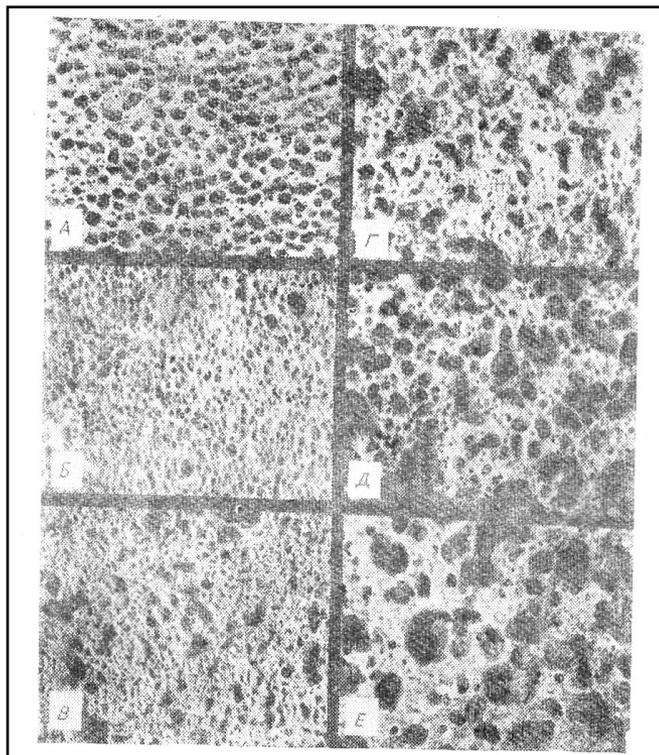
Ячеистые бетоны.

Бетон ячеистый — искусственный камневидный пористый строительный материал с равномерно распределенными воздушными ячейками (порами) диаметром 0,1—3 мм, занимающими от 20 до 90% объема бетона, получаемый в результате затвердевания смеси из вяжущего, кремнеземистого компонента, порообразователя, воды, химических добавок или без них.

Т а б л и ц а 10.1. Характеристика пористости теплоизоляционного ячеистого бетона

Средняя плотность бетона, кг/м ³	Общий объем пористости, %	Объем твердой фазы, %	Ячеистые поры,		Капиллярные поры		Гелевые поры	
			размер, см	объем, %	размер, см	объем, %	размер, см	объем, %
200	92	8	10 ⁻⁴ ... 0,25	83	10 ⁻⁵ ... 10 ⁻⁴	7,5	10 ⁻⁶	1,5
300	88	12	10 ⁻⁴ ... 0,2	76	10 ⁻⁵ ... 10 ⁻⁴	9	10 ⁻⁶	3
400	84	16	10 ⁻⁴ ... 0,15	70	10 ⁻⁵ ... 10 ⁻⁴	10,5	10 ⁻⁶	3,5

Классификация ячеистых бетонов



Газобетон — разновидность ячеистого бетона, получаемая из смеси вяжущего, кварцевого песка, воды, химических добавок (или без них) и газообразователя (преимущественно алюминиевой пудры). Порообразование создается в результате химической реакции между алюминиевой пудрой и щелочным компонентом, содержащимся в вяжущем или специально вводимым в сырьевую смесь.

Пенобетон — разновидность ячеистого бетона, получаемая из смеси вяжущего, кремнеземистого компонента, воды и предварительно приготовленной пены на основе пенообразователя и воды, которую перемешивают с бетонной смесью.

Поробетон — разновидность ячеистого бетона, получаемая в результате перемешивания в скоростном смесителе смеси вяжущего, кремнеземистого компонента, пенообразователя и воды без предварительного приготовления пены.

Газо-, поро-, пеносиликат — разновидность ячеистого бетона, у которого в качестве вяжущего применяют негашеную известь или смешанное вяжущее (цементное, шлаковое, зольное и т. д.), содержащее известь в количестве 50% и более.

Ячеистый золобетон (газозолобетон, пенозолобетон, порозолобетон) - разновидности ячеистого бетона, у которого в качестве кремнеземистого компонента применяют кислые золы ТЭС.

Ячеистый бетон

Классифицируют на:

Газобетоны: образование макроструктуры ячеистого бетона осуществляется газопоризацией - поризация с использованием выделяемого газа при химическом взаимодействии специально вводимого газообразователя с компонентами смеси (газобетоны, газосиликаты и т.д.);

Пенобетоны: образование макроструктуры ячеистого бетона осуществляется пенопоризацией, что обеспечивается смешиванием поризуемой массы с заранее приготовленной пеной (традиционный способ) или введением в пену тонкодисперсных сухих компонентов ячеистобетонной смеси (сухая минерализация), а также аэрированием - поризация ячеистой смеси при совместном интенсивном перемешивании всех компонентов смеси с образованием ячеистой структуры за счет воздухововлечения (пенобетоны, пеносиликаты);

Пеногазобетоны: образование макроструктуры ячеистого бетона осуществляется пеногазопоризацией - комбинированный способ поризации раствора, сочетающий метод аэрирования смеси с пенообразователем и газопоризации за счет использования выделяемого газа при химическом взаимодействии специально вводимого газообразователя с компонентами смеси в поризуемую смесь, т.е. на каждой стадии образования ячеистой структуры используются два принципиально различных способа для получения пористой структуры (пеногазобетоны, пеногазосиликаты.).

Развитие производства и применения ячеистых бетонов позволит существенно снизить стоимость строительства, трудоемкость, энергозатратность при одновременном повышении долговечности, качества и экологичности домов в суровых и разнообразных природно-климатических условиях страны.

Автоклавный ячеистый бетон — бетон, твердение которого происходит в среде насыщенного водяного пара при давлении выше атмосферного (преимущественно 8—14 ати).

Неавтоклавный ячеистый бетон — бетон, твердение которого происходит в естественных условиях при электропрогреве или в среде насыщенного водяного пара при атмосферном давлении.

Теплоизоляционные ячеистые бетоны (марок по средней плотности D400 и менее) предназначены для утепления различных конструкций жилых и промышленных зданий (стен, покрытий, перекрытий, трубопроводов и т. д.).

Конструктивно-теплоизоляционные ячеистые бетоны (марок по средней плотности D500—D900, класс по прочности B 1,5—B5) предназначены для самонесущих ограждающих конструкций жилых и общественных зданий.

Конструкционные ячеистые бетоны (марок по средней плотности D900-D1200, класс по прочности B5—B20) предназначены для изготовления конструкций, несущих большие нагрузки (внутренние несущие перегородки, перекрытия, перемычки).

Основные свойства и характеристики пенобетона

Вид пенобетона	Плотность	Класс по прочности	Морозостойкость	Теплопроводность Вт/(м · °С)	Паропроницаемость мг/(м · ч · Па)
Теплоизоляционный	D400	B0,75	Не нормируется	0,029	0,11
	D500	B1	Не нормируется	0,034	0,1
Конструктивно - теплоизоляционный	D600	B2,5	От F15 до F35	0,038	0,1
	D700	B3,5	От F15 до F50	0,1	0,23
	D800	B5	От F15 до F75	0,12	0,2
	D1000	B7,5	От F15 до F50	0,14	0,17
Конструкционный	D1100	B10		0,18	0,15
	D1200	B12,5		0,21	0,14

Классификация ячеистых бетонов

Вид бетона	Марка бетона по средней плотности	Бетон автоклавный		Бетон неавтоклавный	
		класс по прочности на сжатие	марка по морозостойкости	Класс по прочности на сжатие	Марка по морозостойкости
Теплоизоляционный	D300	B0,75 B0,5	Не нормируется	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
	D350	B1 B0,75			
	D400	B1,5 B1		B0,75 B0,5	Не нормируется
	D500	$\frac{3}{4}$		$\frac{3}{4}$	
Конструкционно-теплоизоляционный	D500	B2,5 B2 B1,5 B1	От F15 до F35	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
	D600	B3,5 B2,5 B2 B1,5	От F15 до F75	B2 B1	От F15 до F35
	D700	B5 B3,5 B2,5 B2	От F15 до F100	B2,5 B2 B1,5	От F15 до F50
	D800	B7,5 B5 B3,5 B2,5		B3,5 B2,5 B2	От F15 до F75
	D900	B10 B7,5 B5 B3,5	От F15 до F75	B5 B3,5 B2,5	
Конструкционный	D1000	B12,5 B10 B7,5	От F15 до F50	B7,5 B5	От F15 до F50
	D1100	B15 B12,5 B10		B10 B7,5	
	D1200	B15 B12,5		B12,5 B10	

Нормируемые показатели физико-технических свойств бетонов

Вид бетона	Марка бетона по средней плотности	Коэффициент				Сорбционная влажность бетона, % не более			
		теплопроводности, Вт/(м · °С), не более, бетона в сухом состоянии, из-готовленного		паропроницаемости, мг/(м · ч · Па), не менее, бетона, изго-товленного		при относительной влажности воздуха 75 %		при относительной влажности воздуха 97 %	
		Бетон, изготовленный				на песке		на золе	
		на песке	на золе	на песке	на золе	на песке	на золе	на песке	на золе
Теплоизоляцион- ный	D300	0,08	0,08	0,26	0,23	8	12	12	18
	D400	0,10	0,09	0,23	0,20	8	12	12	18
	D500	0,12	0,10	0,20	0,18	8	12	12	18
Конструкцион- о- теплоизоляцион- ный	D500	0,12	0,10	0,20	0,18	8	12	12	18
	D600	0,14	0,13	0,17	0,16	8	12	12	18
	D700	0,18	0,15	0,15	0,14	8	12	12	18
	D800	0,21	0,18	0,14	0,12	10	15	15	22
	D900	0,24	0,20	0,12	0,11	10	15	15	22
Конструкционн- ый	D1000	0,29	0,23	0,11	0,10	10	15	15	22
	D1100	0,34	0,26	0,10	0,09	10	15	15	22
	D1200	0,38	0,29	0,10	0,08	10	15	15	22

Состав газо- и пенобетонов подбирают в такой последовательности:

1. Устанавливают оптимальное соотношение «С» между кремнеземистым компонентом и вяжущим веществом;

2. Определяют «В/Т», обеспечивающее оптимальную текучесть смеси и лучшее использование порообразователя;

3. Приготавливают пробные замесы и уточняют оптимальный состав ячеистого бетона.

- Оптимальное значение C устанавливают по наибольшим результатам испытания на сжатие 3—4 серий образцов из раствора при следующих значениях C :

- на извести 2,4; 2,6; 2,8; 3,2; 3,4; 3,6

- на портландцементе и известково-шлаковом цементе 0,75; 1,25; 1,50; 1,75

- на известково-цементном вяжущем и нефелиновом цементе 1; 1,25; 1,75; 2

- Оптимальное отношение V/T (а для газобетона и температуру раствора) определяют по максимальному коэффициенту использования порообразователя a . При этом кроме исходного значения V/T принимают два других, отличающихся от него на $\pm 0,04$, а температуру смеси — на $\pm 5^\circ\text{C}$ от исходной.

Проектирование состава ячеистого бетона

Вид вяжущего	Отношение кремнеземистого компонента к вяжущему (С) по массе в ячеистобетонной смеси	
	для автоклавного бетона	для безавтоклавного бетона на золе-уноса
Цементное	0,75; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2	0,75; 1; 1,25
Известковое	3; 5,5; 6; 4,5; 5,5; 6	-
Известково-белитовое	1; 1,25; 1,5; 2	-
Известково-шлаковое	0,6; 0,8; 1	0,6; 0,8; 1
Высокоосновное зольное	0,75; 1; 1,25	-
Шлакощелочное	0,1; 0,15; 0,2	-

Заданная объемная масса ячеистого бетона, кг/м ²	Диаметр расплыва смеси по Суттарду, см		
	на цементном, известково-цементном, шлакощелочном вяжущем	на известковом, известково-шлаковом и известково-белитовом вяжущем	на высокоосновном зольном вяжущем
	При литевом способе формования		
300	38	30	-
400	34	25	25
500	30	23	23
600	26	21	21
700	22	19	20
800	18	17	18
	При вибрационном способе формования		
500	15	-	-
600	13	-	-
700	11	-	-
800	9	-	-

Расход порообразователя P_{Π} (кг) на замес ячеистого бетона вычисляют по формуле

$$P_{\Pi} = \frac{P_{\text{я}}}{\alpha K} V, \quad (99)$$

где K — выход пор (отношение объема пор к массе порообразователя, л/кг); для алюминиевой пудры ПАК-3 (при температуре раствора 40°C) $K=1390$, а для пенообразователя ГК $K=20$ л/кг; α — коэффициент использования порообразующей способности, для предварительных расчетов принимают равным 0,85; $P_{\text{я}}$ — пористость ячеистой смеси в долях единицы объема, соответствующая заданной объемной массе бетона:

$$P_{\text{я}} = 1 - \frac{\gamma_{\text{б}}}{K_{\text{с}}} (W + B/T), \quad (100)$$

где W — абсолютный объем 1 кг сухой смеси, л (табл. 48).

Пористость смеси можно также определить по фактическим значениям объемной массы раствора (без учета массы порообразователя) $\gamma_{\text{р}}$ и ячеистой смеси $\gamma_{\text{я}}$ оптимального состава:

$$P_{\text{я}} = 1 - \frac{\gamma_{\text{я}}}{\gamma_{\text{р}}}.$$

Действие	Формула	Значение
Отношения C массы кремнеземистого компонента к массе вяжущего	$C_{об} = C_{\psi}n + C_{\text{из}}(1-n),$	C_n и C_n - отношение массы кремнеземистого компонента соответственно к массе цемента и извести (в расчете на 100 % CaO+MgO); n - доля цемента в вяжущем, которая находится в пределах 0,35-0,7 по массе.
Расчет газообразователя или водного раствора пенообразователя P_n на замес	$P_{\text{из}} = \frac{\Pi_z}{\alpha K} \cdot V,$	Π_z - пористость, определенная расчетным путем: α - коэффициент использования парообразователя; 0,8 K - выход пор (отношение объема пены или газа к массе порообразователя, л/кг); 15 V - заданный объем ячеистобетонной смеси.
Пористость Π_z В качестве исходных значений при расчетах по формулам (2) и (3) принимают: $K_c = 1,1$; $\alpha = 0,85$; $K = 1390$ л/кг при использовании алюминиевой пудры и $K = 20$ л/кг при использовании пены.	$\Pi_z = 1 - \frac{\gamma_c}{K_c} (W + B/T),$	γ_c - заданная объемная масса ячеистого бетона в сухом состоянии, кг/м ³ ; K_c - коэффициент увеличения массы ячеистого бетона за счет связанной воды; W - удельный объем сухой смеси, л/кг; B/T - водотвердое отношение.
Удельный объем сухой смеси	$W = \frac{1 + B/T}{\gamma_p^{\Phi}} - E/T,$	γ_p^{Φ} - фактическая объемная масса растворной смеси.
Расход материалов на замес	$P_{\text{ож}} = \frac{\gamma_c}{K_c} V;$ $P_{\text{вжж}} = \frac{P_{\text{ож}}}{1 + C};$ $P_{\psi} = P_{\text{вжж}} n;$ $P_{\text{из}} = P_{\text{вжж}} (1 - n);$ $P_{\text{изф}} = \frac{P_{\text{из}}}{A_{\text{ф}}} 100;$ $P_e = P_{\text{ож}} B/T;$ $P_{\text{л}} = P_{\text{ож}} - (P_{\psi} + P_{\text{изф}});$	$P_{\text{ож}}$ - расход материалов на замес, кг; γ_c - объемная масса ячеистого бетона, высушенного до постоянного состояния, кг/м ³ ; K_c - коэффициент увеличения массы в результате твердения за счет связанной воды. Для предварительных расчетов принимают равным 1,1; V - заданный объем одновременно формуемых изделий, увеличенный с учетом образования «горбушки» на 7-10 % для индивидуальных форм и 3-5 % для массивов, л; $P_{\text{вжж}}$ - масса вяжущего, кг; P_{ψ} - масса цемента, кг; n - доля цемента в смешанном вяжущем; $P_{\text{из}}$ - масса извести, содержащей 100 % CaO, кг; $P_{\text{изф}}$ - масса извести с фактическим содержанием CaO, кг; $A_{\text{ф}}$ - фактическое содержание CaO в извести, %; P_e - масса воды, кг; $P_{\text{л}}$ - масса кремнеземистого компонента, кг.

Расход материалов на 1 куб.м. пенобетона:

Количество материалов зависит от производимой плотности. Плотность пенобетона обозначается цифрой, которая равна весу 1куб.м. Самые распространенные плотности 800 и 600. Приведен расход компонентов для них. Расход материалов для других плотностей есть в паспорте оборудования.

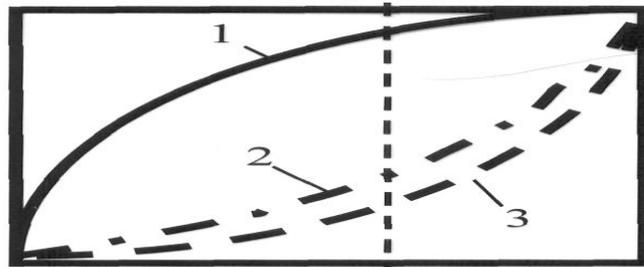
Плотность	Цемент М500Д0	Песок до 2мм	Пенообразователь Ареком	Ускоритель Асилин-12
800	320кг	400кг	1,12л	0,5кг
600	310кг	210кг	1,16л	0,5кг

Ячеистые бетоны



$\frac{dV}{dr}$

a

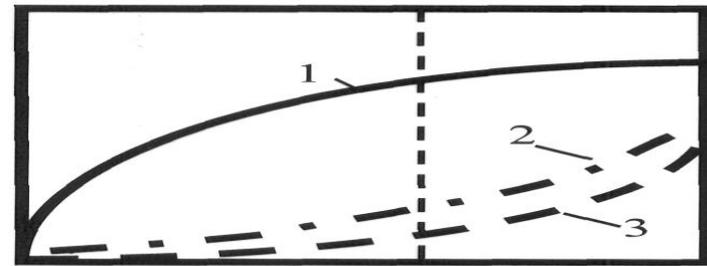


I

II

$\frac{dV}{dr}$

b

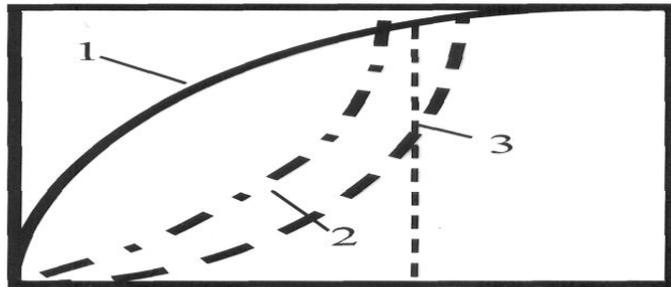


I

II

$\frac{dV}{dr}$

c



I

II

$$\gamma = 300 \div 1200$$

$$R = 5 \div 200$$

$$\lambda = 0,07 \div 0,33$$

$$\mu = 0,035 \div 0,013$$

ВОПРОСЫ?

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!