

# **РАСЧЕТ СОСТАВА ЦЕМЕНТОБЕТОННОЙ СМЕСИ методом абсолютных объёмов**

Цель расчета: выбор материалов и  
определение оптимального  
соотношения их расхода на  $1 \text{ м}^3$   
бетона

1. Подобрать состав цементобетонной смеси для верхнего слоя двухслойного дорожного покрытия

со следующими характеристиками:

-предел прочности при сжатии  $R_b=40\text{МПа}$ ,

-осадок конуса  $OK=1-2\text{см}$ .

Имеются следующие материалы:

портландцемент-активность при сжатии  $R_{ц}=50\text{МПа}$ , плотность цемента

$\rho_{ц}=3,2\text{ г/см}^3$ , насыпная плотность цемента  $\rho_{нц}=1,4\text{г/см}^3$ .

песок речной кварцевый -плотность песка  $\rho_{п}=2,7\text{г/см}^3$ , насыпная плотность песка

$\rho_{нп}=1,6\text{г/см}^3$ , влажность песка  $W_{п}=2\%$ .(а)

щебень дробленый из гранита - плотность щебня  $\rho_{щ}=3,0\text{г/см}^3$ , насыпная плотность щебня  $\rho_{нщ}=1,7\text{г/см}^3$ , максимальная крупность щебня 10 мм, влажность  $W_{щ}=2\%$  (b)

2. Определить коэффициент выхода бетонной смеси.

3. Определить расход материалов (в кг) на замес бетономешалки. Объём бетономешалки  $V_{м}=\underline{1200}$  литров.

4. Определить рабочий состав бетона на замес бетономешалки  $V_{м}=\underline{1200}$  л.

# 1. Подбор состава цементобетонной смеси

## 1. Определяем водоцементное отношение В/Ц

$$\frac{B}{Ц} = \frac{AR_{ц}}{(R_{б} + 0,5AR_{ц})}$$

где А – коэффициент, зависящий от качества каменных материалов, А=

А=0,65 – для высококачественных материалов;

А=0,6 – для рядовых;

А=0,55 – для материалов пониженного качества;

$R_{ц}$  – активность (марка) цемента МПа;

$R_{б}$  – предел прочности бетона, МПа.

$$\frac{B}{Ц} = \frac{0,65 * 50}{40 + 0,5 * 0,65 * 50} = \frac{32,5}{56,25} = 0,58$$

*Найденное значение  $V/C$  сравнивают с предельно допустимым для данного сооружения:*

- для однослойных и верхнего слоя двухслойных дорожных покрытий  $\frac{V}{C} < 0,5$ ;*
- для нижнего слоя двухслойных дорожных покрытий  $\frac{V}{C} < 0,6$ ;*
- для оснований усовершенствованных покрытий  $\frac{V}{C}$  не нормируется.*

*Если  $V/C$  получится больше предельно допустимого, к расчету принимается предельно допустимое значение  $V/C$ , а если меньше, то принимается значение  $V/C$ , найденное по расчету.*

К дальнейшему расчету принимаем  $V/D=0,50$  - так как расчетное значение  $V/D$  больше предельно допустимого значения ( $0,58 > [0,50]$ ).

2. Определяем расход воды в литрах на 1 м<sup>3</sup> бетона по таблице или графику в зависимости от максимальной крупности щебня (гравия) и удобоукладываемости смеси.

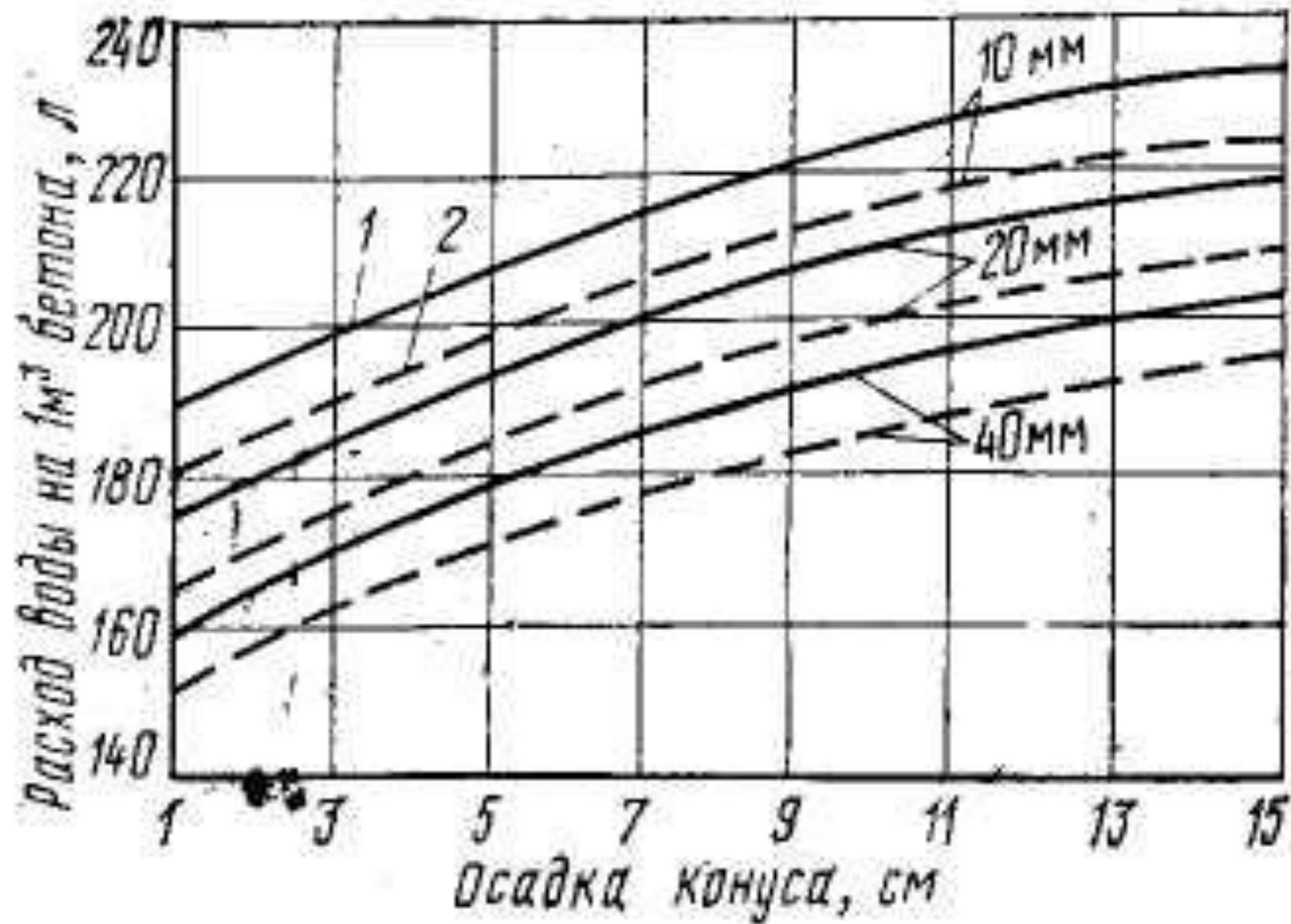
$V = 197$  л.

Характеристика бетонной смеси		Содержание воды в бетонной смеси, л/м <sup>3</sup> , при крупности щебня, мм		
Осадка конуса, см	Жесткость, с	10	20	40
0	150—200	155	140	130
0	90—120	160	145	135
0	60—90	170	155	140
0	30—60	175	160	145
0	15—30	185	170	155
1	—	195	180	165
2	—	200	185	170
3	—	205	190	175
5	—	210	195	180
7	—	215	200	185
8	—	220	205	190
10	—	225	210	195

Примечания. 1. Данные таблицы справедливы для бетона на портландцементе, среднем песке и щебне.

2. При использовании пуццоланового цемента расход воды увеличивается на 15—20 л/м<sup>3</sup>, при использовании гравия или крупного песка — уменьшается на 10 л/м<sup>3</sup>, при мелком песке увеличивается на 10 л/м<sup>3</sup>.

3. При использовании щебня или гравия с водопоглощением более 1%, расход воды нужно увеличивать на 7 л/м<sup>3</sup> на каждые 0,5% увеличения водопоглощения.



### 3. Определяем расход цемента по формуле:

$$Ц = \frac{B}{\frac{B}{Ц}} = \frac{197}{0,5} = 394 \text{ кг} / \text{м}^3$$

- *Расход цемента сравнивают с минимально допустимым, устанавливаемым в зависимости от назначения цементобетона: для однослойного и верхнего слоя двухслойного покрытия — 300 кг/м<sup>3</sup>; для нижнего слоя покрытий и оснований — 200 кг/м<sup>3</sup>, для искусственных сооружений на автомобильных дорогах — 240 кг/м<sup>3</sup>.*
- *Если полученный по формуле расход цемента больше минимально допустимого, принимается к расчету его значение, если меньше — минимально допустимое.*

К дальнейшему расчету принимаем  $Ц=394 \text{ кг/м}^3$  - так как расчетное значение  $Ц$  больше минимально допустимого значения ( $394 > [300]$ )

4. Определяем расход щебня (гравия):

$$Щ = \frac{1000}{\frac{V_{пуст}}{\rho_{нщ}} * \alpha + \frac{1}{\rho_{щ}}}$$

где  $V_{пуст}$  – пустотность щебня;

$$V_{пуст} = 1 - \frac{\rho_{нщ}}{\rho_{щ}}$$

$\rho_{нщ}$  - насыпная плотность щебня, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_{щ}$  – плотность щебня, г/см<sup>3</sup>.

$$V_{пуст} = 1 - \frac{1,7}{3,0} = 0,43$$

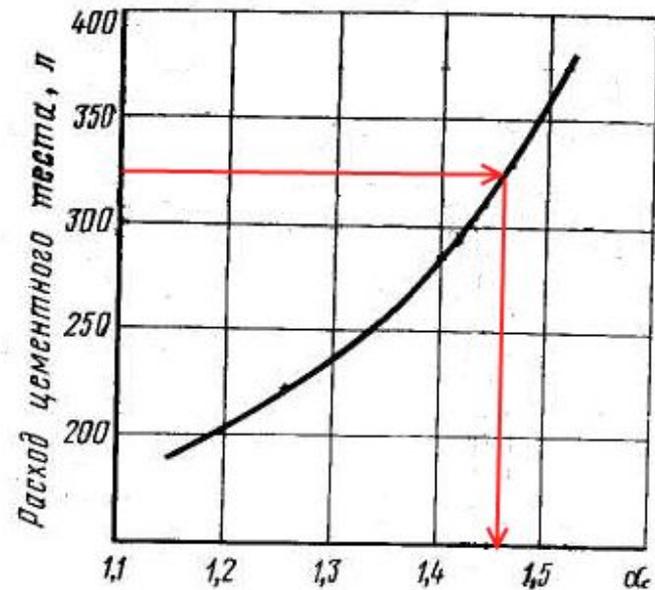
Определяем абсолютный объем цементного теста:

$$V_{цт} = B + \frac{Ц}{\rho_{ц}}$$

где  $\rho_{ц}$  – плотность цемента, кг/м<sup>3</sup>.

$$V_{цт} = 197 + (394 / 3,1) = 324 \text{ м}^3$$

$\alpha$  – коэффициент раздвижки зерен щебня (гравия), который устанавливается по графику в зависимости от абсолютного объёма цементного теста и крупности песка,  $\alpha = 1,47$



$$\mathcal{W} = \frac{1000}{\frac{0,43}{1,43} * 1,47 + \frac{1}{3}} = \frac{1000}{0,36 + 0,33} = 1449 \text{ кг} / \text{м}^3$$

## 5. Расход песка

$$\Pi = \rho_n * (1000 - (B + \frac{\mathcal{C}}{\rho_{\mathcal{C}}} + \frac{\mathcal{W}}{\rho_{\mathcal{W}}}))$$

где  $\rho_n$  – плотность песка, кг/м<sup>3</sup>.

$$\Pi = 2,7 * (1000 - (197 + (394/3,1) + (1449/3))) = 510 \text{ кг/м}^3$$

Проверка:

$$B + \frac{\Pi}{\rho_n} + \frac{\mathcal{W}}{\rho_{\mathcal{W}}} + \frac{\mathcal{C}}{\rho_{\mathcal{C}}} = 1000$$

**II. Полевой (рабочий) состав бетона** *получают в результате внесения поправок на влажность песка и щебня (гравия). В этом случае измененный состав будет иметь следующий вид:*

$$Ц_n = Ц;$$

$$B_n = B - \left( П * \frac{a}{100} \right) - \left( Щ * \frac{b}{100} \right)$$

$$Щ_n = Щ + \left( Щ * \frac{b}{100} \right) \quad П_n = П + \left( П * \frac{a}{100} \right)$$

где  $Ц_n, B_n, П_n, Щ_n$  - новое, откорректированное значение составляющих материалов с учетом их влажности на  $1 \text{ м}^3$  бетона кг;  $Ц, B, П, Щ$  - расход цемента, воды, песка и щебня на  $1 \text{ м}^3$  бетона заданной прочности и подвижности кг;  $a, b$  – фактическая влажность песка и щебня (гравия), %.

$$\rho_{п} = 394 \text{ кг/м}^3;$$

$$V_{п} = 197 - (508 * 2 / 100) - (1449 * 2 / 100) = 161 \text{ л.};$$

$$\rho_{п} = 510 + (510 * 2 / 100) = 520 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{п} = 1449 + (1449 * 2 / 100) = 1480 \text{ кг/м}^3;$$

*При перемешивании компонентов бетона песок занимает пустоты между крупными заполнителем, а цементное тесто – пустоты между частицами песка. Поэтому объем получающейся бетонной смеси всегда меньше суммы объемов сухих компонентов.*

*Степень уменьшения объема бетонной смеси по сравнению с объемом исходных материалов называется коэффициентом выхода бетона*

Коэффициентом выхода бетона:

$$\beta = \frac{1000}{\frac{Ц_n}{\rho_{нц}} + \frac{П_n}{\rho_{нп}} + \frac{Щ_n}{\rho_{нщ}}}$$

где  $V_{ц}$ ,  $V_{п}$  и  $V_{щ}$  – объемы соответственно цемента, песка, щебня, затраченных на получение  $1\text{ м}^3$  бетона,  $\text{м}^3$ .

$$\beta = 1000 / (281 + 324 + 869) = 1000 / 1474 = 0,67$$

*Коэффициент выхода бетонной смеси обычно равен 0,6—0,7 и находят его для подсчета загрузки бетоносмесителей, вместимость которых задается по объему загрузки, т. е. по сумме объемов сухих материалов, идущих на один замес.*

Имея расход материалов на 1 м<sup>3</sup> бетона следует разделить на 1000 и умножить на объем бетономешалки в литрах ( $V_m$ )

$$C_3 = \beta * V_m * \frac{C_n}{1000} \quad B_3 = \beta * V_m * \frac{B_n}{1000}$$

$$P_3 = \beta * V_m * \frac{P_n}{1000} \quad \text{Щ}_3 = \beta * V_m * \frac{\text{Щ}_n}{1000}$$

где  $C_3, B_3, P_3, \text{Щ}_3$  – расходы соответственно цемента, воды, песка и щебня (гравия) на один замес бетономешалки.

$$Ц_3 = 394 * 0,67 * 1200 / 1000 = 316 \text{ кг}$$

$$В_3 = 197 * 0,67 * 1200 / 1000 = 158 \text{ л}$$

$$П_3 = 510 * 0,67 * 1200 / 1000 = 410 \text{ кг}$$

$$Щ_3 = 1449 * 0,67 * 1200 / 1000 = 1165 \text{ кг}$$

Проверка

$$\frac{Ц_3}{Ц_3} : \frac{П_3}{Ц_3} : \frac{Щ_3}{Ц_3} = 1 : (1 - 3) : (3 - 6) \text{ при } \frac{В}{Ц}$$

В данном примере:

$$316/316 : 410/316 : 1165/316 \text{ при } В/Ц=0,5$$

$$1 : 1,29 : 3,68 \text{ при } В/Ц=0,5$$

# Примечание

- $A=0,65$  – для высококачественных материалов для в/с и однослойного покрытия
- $A=0,6$  – для рядовых, для н/с покрытия
- $A=0,55$  – для материалов пониженного качества, для основания