

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2018, №3, Том 10 / 2018, No 3, Vol 10 <https://esj.today/issue-3-2018.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/63SAVN318.pdf>

Статья поступила в редакцию 13.06.2018; опубликована 01.08.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Маилян Л.Р., Стельмах С.А., Халюшев А.К., Щербань Е.М., Холодняк М.Г., Нажуев М.П. Совершенствование расчетных рекомендаций по подбору состава бетона центрифугированных конструкций // Вестник Евразийской науки, 2018 №3, <https://esj.today/PDF/63SAVN318.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Mailyan L.R., Stel'makh S.A., Khalyushev A.K., Shcherban' E.M., Kholodnyak M.G., Nazhueva M.P. (2018). Improvement of design recommendations for the selection of concrete composition of centrifuged structures. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 3(10). Available at: <https://esj.today/PDF/63SAVN318.pdf> (in Russian)

УДК 691

ГРНТИ 67.09.33

Маилян Левон Рафаэлович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Профессор кафедры «Строительства уникальных зданий и сооружений»
Доктор технических наук
E-mail: mailyan@sroufo.ru

Стельмах Сергей Анатольевич

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Доцент кафедры «Технологии вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики»
Кандидат технических наук
E-mail: sergej.stelmax@mail.ru

Халюшев Александр Каюмович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Доцент кафедры «Технологии вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики»
Кандидат технических наук
E-mail: khaljushev@mail.ru

Щербань Евгений Михайлович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Доцент кафедры «Технологии вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики»
Кандидат технических наук
E-mail: au-geen@mail.ru

Холодняк Михаил Геннадиевич

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Инженер
E-mail: xolodniak@yandex.ru

Нажуев Мухума Пахрудинович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Магистрант
E-mail: nazhueva17@mail.ru

Совершенствование расчетных рекомендаций по подбору состава бетона центрифугированных конструкций

Аннотация. В статье раскрыта сущность процесса уплотнения бетонной смеси при центрифугировании. Акцентировано внимание на явлениях в процессе центрифугирования уплотнения и сепарации высокодисперсных фракций цемента и содержащихся в нем гидравлических добавок, образующих вместе с отжатой водой шлам. Авторами изучены явления, проанализирован опыт ученых в этой области. Описана зависимость результатов при центрифугировании от рецептурно-технологических факторов. Отмечена роль свойств исходных компонентов: вяжущего и заполнителей в формировании показателей качества центрифугированных строительных конструкций из бетона. Показано, что физико-механические свойства центрифугированного бетона зависят от комплекса факторов: активности и водопотребности цемента, выхода шлама, зернового состава и водопотребности мелкого и крупного заполнителей, их соотношения в бетонной смеси, объема цементного теста в ней, начального водоцементного отношения, величины прессующего давления и других факторов. Сделан вывод, что все это многообразие факторов должно быть учтено при подборе состава центрифугированного бетона. Замечено, что одним из решающих факторов, оказывающим влияние на прочность центрифугированного бетона и его однородность, является нормальная плотность цементного теста. Повышение прочности центрифугированного бетона за счет увеличения расхода цемента сверх оптимального его содержания не дает пропорционального эффекта. Установлено, что увеличение расхода цемента сверх 500 кг/м³ в два раза увеличивает термоусадочные деформации. Предложено пользоваться переходным коэффициентом при определении прочности центрифугированного бетона на виброуплотненных образцах. Рассмотрен и дополнен расчетно-экспериментальный метод подбора состава бетона с учетом специфики центрифугирования и конкретных видов исходных компонентов. Разработаны рекомендации по подбору составов центрифугированных бетонов. Получен рациональный расход цемента для получения эффективных строительных конструкций.

Ключевые слова: строительные конструкции; тяжелый бетон; вяжущее; заполнители; цемент; песок; щебень; центрифугирование; подбор состава бетона

Процесс уплотнения бетонной смеси при центрифугировании достигается в результате отжатия определенного количества воды, поэтому прочность бетона должна быть функционально связана не с начальным, а с остаточным водоцементным отношением, так как именно оно определяет пористость цементного камня и бетона. В [3] отмечается, что в процессе центрифугирования одновременно происходят два явления: уплотнение и сепарация высокодисперсных фракций цемента и содержащихся в нем гидравлических добавок, образующих вместе с отжатой водой шлам.

Результаты опытов по определению выхода шлама при однослойном центрифугировании бетонной смеси в зависимости от вида цемента, начального его содержания в бетонной смеси C_0 , значения $k_{н.г.}$ и начального водоцементного отношения бетона $(B/C)_{нач}^б$, показывают, что в наибольшей степени сухой остаток в шламе зависит от $(B/C)_{нач}^б$ и количества содержащихся в цементе добавок η .

Замечено, что одним из решающих факторов, оказывающим влияние на прочность центрифугированного бетона и его однородность, является нормальная плотность цементного теста НГЦТ, которая не должна превышать 28 %. В [6] установлено, что изменение НГЦТ с 22

до 28 % увеличивает длительность центрифугирования в 1,3 раза. Повышение прочности центрифугированного бетона за счет увеличения расхода цемента сверх оптимального его содержания не дает пропорционального эффекта. Установлено [6], что увеличение расхода цемента сверх 500 кг/м³ в два раза увеличивает термоусадочные деформации.

Физико-механические свойства центрифугированного бетона зависят от комплекса факторов: активности и водопотребности цемента, выхода шлама, зернового состава и водопотребности мелкого и крупного заполнителей [11, 12], их соотношения в бетонной смеси, объема цементного теста в ней, начального водоцементного отношения, величины прессующего давления и других факторов [4, 10].

Все это многообразие факторов должно быть учтено при подборе состава центрифугированного бетона.

В качестве расчетно-экспериментального способа можно использовать метод проф. Ахвердова И.Н. с нашими дополнениями, учитывающими специфику центрифугирования.

При центрифугировании часть воды, примененной для приготовления бетонной смеси, отжимается из изделия и удаляется. Различают величины $(B/C)_{нач}$ и $(B/C)_{ост}$ при повышении начального содержания воды в цементном тесте [2]. Максимальная прочность и плотность бетона достигается при значениях $(B/C)_{ост}$ цементного теста, равных его нормальной густоте $K_{н.г.}$, соответствующих $(B/C)_{нач} = 1,4 \cdot K_{н.г.}$. Бетонная смесь имеет осадку стандартного конуса 4-5 см, что обеспечивает ее необходимую формуемость.

Формула прочности вибрированного бетона имеет вид:

$$R_0 = \frac{k_c \times R_{ц}}{\frac{1+1,65 \times k_{н.г.}}{k_{н.г.}} \times (B/C)_{нач}^6 - 1,65 \times k_{н.г.}}, \quad (1)$$

где k_c – коэффициент, учитывающий вид поверхности заполнителя и равный для гравия 1 и щебня 1,1;

$(B/C)_{нач}^6$ – начальное водоцементное отношение бетона.

Начальное водоцементное отношение бетона может быть определено как:

$$(B/C)_{нач}^6 = 1,4 \times k_{н.г.} + \frac{B_{зап.}}{C}, \quad (2)$$

где $k_{н.г.}$ – водоцементное отношение цементного теста после центрифугирования бетона, равное нормальной густоте цемента (значение $k_{н.г.}$ для портландцементов колеблется от 22 до 28 %).

Прочность центрифугированного бетона также можно рассчитать по упрощенной формуле Ахвердова И.Н. если принять, что прессующее давление в пределах 0,65-2,2 кг/см² мало изменяет прочность центрифугированного бетона. Тогда формула принимает вид:

$$R_n = \frac{k_c \times R_{ц} \times \sqrt{1+\eta_{\chi}}}{\frac{1+1,65 \times k_{н.г.}}{k_{н.г.}} \times (B/C)_{ост}^6 - 1,65 \times k_{н.г.}}, \quad (3)$$

где η_{χ} – процентное содержание минеральной добавки в составе портландцемента (при η_{χ} до 5 % принимаем $\eta_{\chi} = 0$).

Вследствие отжатия воды из бетонной смеси после центрифугирования В/Ц цементного теста соответствует $k_{н.г.}$, а В/Ц смеси колеблется от 0,34 до 0,38 и

$$(B/C)_{ост}^6 = \chi \cdot K_{н.г.} + \frac{B_{зап.}}{C}, \quad (4)$$

где χ – для однослойного бетона принимается 1,05 и для трехслойного – 0,95.

$V_{зап}$ – количество воды, адсорбированной порами заполнителя и поверхностью его зерен, л;

C – количество цемента в бетоне, кг/м³ (принимаем 520 кг – по [5]) (рис. 1).

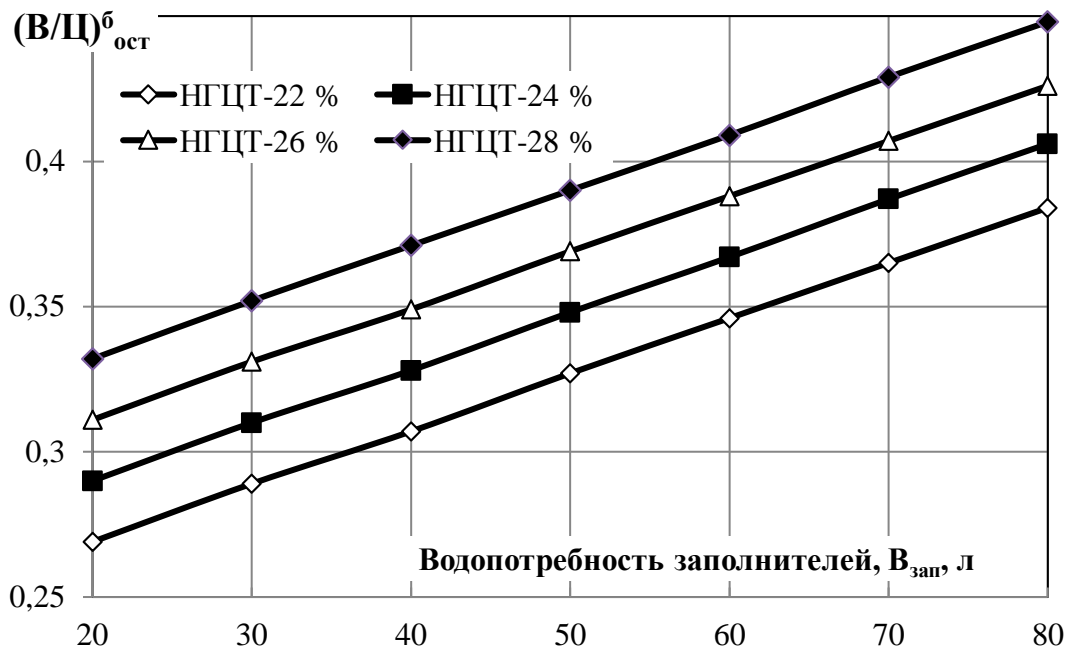


Рисунок 1. Изменение $(V/C)_{ост}^6$ от водопотребности заполнителей $V_{зап}$ для цементов с различной нормальной плотностью цементного теста НГЦТ (составлено авторами)

$$V_{зап} = V_{ад}^{п.з.} + V_{зап}^п \quad (5)$$

Количество адсорбированной воды на поверхности зерен заполнителей и порами заполнителя рассчитывают по формуле:

$$V_{ад}^{п.з.} = 0,0001 \left[Q_{п} \times \sum P_{п} \times w'_{п} + Q_{щ} \times \sum P_{щ} \times w'_{щ} \right] \quad (6)$$

$$V_{зап}^п = 0,0001 \left[Q_{п} \times \sum P_{п} \times w_{п} + Q_{щ} \times \sum P_{щ} \times w_{щ} \right] \quad (7)$$

где $V_{ад}^{п.з.}$, $V_{зап}^п$ – количество адсорбированной воды на поверхности зерен и порами заполнителя соответственно, л;

$Q_{п}$, $Q_{щ}$ – соответственно вес песка и крупного заполнителя, кг;

$P_{п}$, $P_{щ}$ – соответственно содержание каждой фракции песка и щебня (по ситовому анализу), %;

$w'_{п}$, $w'_{щ}$ – соответственно водопотребность поверхности каждой фракции песка и щебня, %;

$w_{п}$, $w_{щ}$ – их общая водопотребность в % (см. таблицу 1 – приведена по данным [3]).

Таблица 1

Физические свойства заполнителей

Заполнители	Фракция	Средний размер зерен $d_{ср}$, мм	Истинная (средняя) плотность, ρ , г/см ³	Удельная поверхность, см ² /г	Общее водопоглощение, %	Водопоглощение поверхности, %	Водопоглощение пор, %
щебень гранитный	20-10		2,7(2,67)	2,7	0,92	0,51	0,41
	10-5			5,4	1,21	0,81	0,4
речной песок	5-2,5	3,33	2,6(2,55)	9,4	1,914	0,374	1,54
	2,5-1,25	1,6		20,2	2,07	0,81	1,26
	1,25-0,63	0,9		37	2,3	1,48	0,82
	0,63-0,315	0,45		72	3,46	2,86	0,58
	0,315-0,14	0,23		141	6	5,65	0,35
	0,14<	0,111		293	12,01	11,7	0,31

Составлено авторами

При определении прочности центрифугированного бетона на виброуплотненных образцах, изготовленных из бетонной смеси с $(В/Ц)_{нач}^6$, можно пользоваться переходным коэффициентом:

$$Z = \frac{R_H}{R_0} \quad (8)$$

В зависимости от состава бетона, вида цемента и прессующего давления коэффициент Z изменяется от 1,3 до 1,6. Согласно многочисленным экспериментальным и производственным данным при работе на портландцементных заводах и оптимальном прессующем давлении Z для однослойного центрифугированного бетона принимается – 1,37, а для трехслойного – 1,58 [1].

Зависимость изменения предела прочности при сжатии вибрированного и центрифугированного бетона от $(В/Ц)_{нач}^6$ представлена на рис. 2.

По пустотности и суммарной поверхности смеси заполнителей вычисляем объем цементного теста (без учета объема воды $V_{ад}$) на 1 м³ бетона:

$$V_T = \frac{n_c + 0,000013 \cdot S_c}{1 + 0,000013 \cdot S_c}, \quad (9)$$

здесь $1 + 0,000013 S_c$ – выход бетона в плотном теле с учетом раздвижки зерен заполнителей цементным тестом.

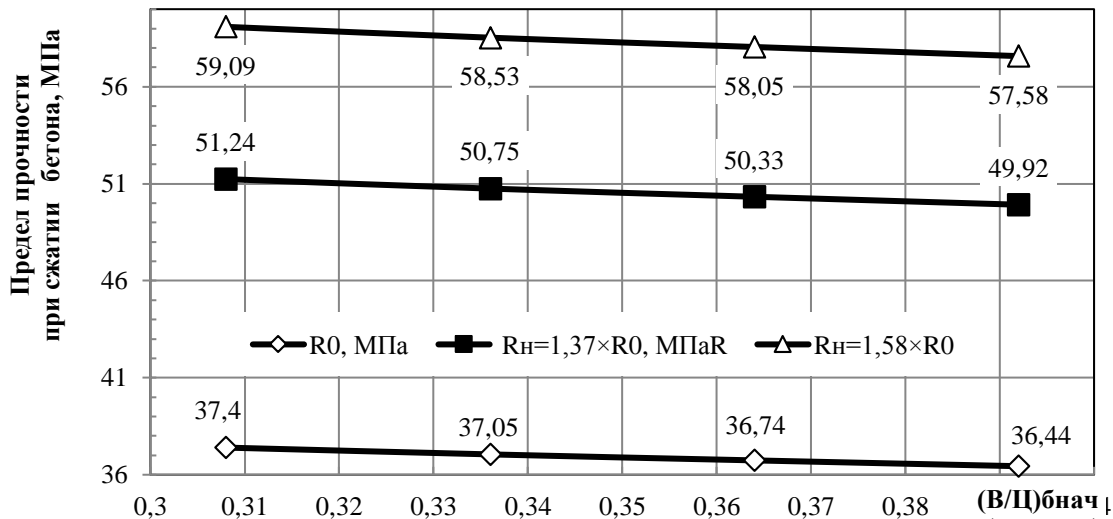


Рисунок 2. Изменение предела прочности при сжатии вибрированного (R_0) и центрифугированного (R_H) бетона от $(B/C)_{нач}^{\delta}$ (составлено авторами)

Минимальную пустотность смеси заполнителей рассчитываем по формуле:

$$min n_c = \frac{max \rho_0^c - max \rho_H^c}{max \rho_0^c}, \quad (10)$$

где $min n_c$ – минимальная пустотность смеси заполнителей;

$max \rho_0^c$ и $max \rho_H^c$ – максимальная средняя и максимальная насыпная плотности смеси, кг/м³.

Максимальную среднюю плотность смеси заполнителей определяем по формуле:

$$max \rho_0^c = \frac{\rho_0^п + \frac{\rho_H^щ}{n_{щ} \times \rho_H^п} \times \rho_0^щ}{1 + \frac{\rho_H^щ}{n_{щ} \times \rho_H^п}}, \quad (11)$$

где $\rho_0^п, \rho_H^п$ – средняя и насыпная плотность песка, кг/м³

$\rho_0^щ, \rho_H^щ$ – средняя и насыпная плотность щебня, кг/м³

Максимальная насыпная плотность смеси, соответствующая ее минимальной пустотности, достигается при максимальном заполнении песком пустот в щебне без раздвижки его зерен и может быть определена по формуле:

$$max \rho_H^c = n_{щ} \times \rho_H^п + \rho_H^щ. \quad (12)$$

Удельную поверхность смеси заполнителя определяем по формуле:

$$S_c = S_п + S_{щ}, \quad (13)$$

S_c – суммарная удельная поверхность смеси заполнителя, м²/кг;

$S_п, S_{щ}$ – удельная поверхность песка и щебня соответственно, м²/кг.

Для расчета среднего диаметра песка d_{cp} используем формулу Б.Г. Скрамтаева:

$$d_{cp} = 0,5 \cdot \left(\frac{A_{0,14}}{[11 \cdot a_{0,14} + 1,37 \cdot a_{0,315} + 0,171 \cdot a_{0,63} + 0,024 \cdot a_{1,25} + 0,024 \cdot a_{2,5}]} \right)^{1/3} \quad (14)$$

Удельную поверхность песка определяем: опытную – на приборе ПСХ-10М; расчетную – по формуле Б.Г. Скрамтаева, м²/кг:

$$S_{\Pi} = \frac{6,35 \times k}{1000} (0,5 \cdot a + b + 2c + 4d + 8e + 16f + 36g), \quad (15)$$

где k – поправочный коэффициент, который меняется от 1,3 (для мелких песков) до 2 (для горных песков), промежуточное значение $k = 1,65$ (для речных и морских песков); параметры a, b, c, d, e, f – это частные остатки в % на ситах от 5 до 0,14 мм, g – это процент прошедшего через сито 0,14 мм песка.

В первом приближении вычисляем расход цемента, принимая $B_{ад} = 0$:

$$Ц = \frac{(V_T - B_{ад}) \cdot 1000}{1,02 \left[\frac{1}{\rho_{\Pi}} + k_{н.г.} (\chi - 0,292) \right]}. \quad (16)$$

При средней плотности бетонной смеси $\rho_{б.см.} = 2,45$ г/см³ и $(B/Ц)_{нач}$ цементного теста, равном $1,4 \cdot k_{н.г.}$, получим:

$$OK = 33,2 \frac{V_{\Pi}}{V_{\Pi} + V_{щ}} V_T. \quad (17)$$

Если требуемая осадка конуса при заданном V_T не достигается, увеличиваем расход цемента на a в долях единицы, то есть

$$V_T = Ц(1 + a) \left[\frac{1}{\rho_{\Pi}} + k_{н.г.} (\chi - 0,292) \right]. \quad (18)$$

При изготовлении центрифугированных изделий нежелательно повышать V_T , то есть расход цемента сверх оптимального, поскольку в этом случае возрастают время центрифугирования, толщина слоя цементного камня на внутренней поверхности сердечника и выход шлама [7-9].

Объем центрифугированного бетона:

$$V_б = V_T + \frac{Q_{\Pi}}{\rho_{\Pi}^0} + \frac{Q_{щ}}{\rho_{щ}^0} \geq 1. \quad (19)$$

Расход материалов по выходу бетона:

$$Q'_{\Pi} = \frac{Q_{\Pi}}{V_T}; \quad Q'_{щ} = \frac{Q_{щ}}{V_T}. \quad (20)$$

Исходные данные для расчета состава центрифугированного бетона приведены в таблице 2.

Таблица 2

Физические свойства заполнителей

Заполнители	Фракция	Частный остаток, %	Удельная поверхность, см ² /г	Истинная (средняя) плотность, г/см ³	Пустотность	Насыпная плотность, г/см ³	Общее водопоглощение, %
щебень гранитный	20-2,5	60; 30; 10	4,2	2,7(2,69)	0,457	1460	0,41
	20,0-10,0	100	2,7		0,468	1430	0,40
	10,0-5,0	100	5,4		0,438	1510	0,42
	5,0-2,5	100	9,4		0,408	1590	0,45
речной песок	5-2,5	2,41	88,9	2,6(2,6)	0,515	1259,4	-
	2,5-1,25	2,95					
	1,25-0,63	7,3					
	0,63-0,315	50,4					
	0,315-0,14	30,19					
0,14<	4,24						

Составлено авторами

Произведем расчет характеристик условной смеси при использовании щебня гранитного (плотного) фракции 5-20 мм и кварцевого песка средней крупности песка $d_{cp} = 0,307$:

- максимальная насыпная плотность смеси:

$$\max \rho_n^c = 0,457 \times 1,26 + 1,46 = 2,035 \text{ т/м}^3;$$

- максимальная средняя плотность смеси заполнителей:

$$\max \rho_0^c = \frac{2,6 + \frac{1,46}{0,457 \times 1,26} \times 2,69}{1 + \frac{1,46}{0,457 \times 1,26}} = 2,664 \text{ т/м}^3;$$

- минимальная пустотность смеси заполнителей:

$$\min n_c = \frac{2,664 - 2,035}{2,664} = 0,236.$$

Определив $\min n_c$, строим кривую изменения пустотности смеси в зависимости от объемов щебня $V_{щ}$ и песка $V_{п}$. Для этого по оси ординат откладываем n_c , а по оси абсцисс – один под другим соответственно объемы песка от 0 до 1 м³ и щебня, имея в виду, что в интервале $V_{п} = 0$ до $V_{п} = 1$ объем щебня $V_{щ} = 1$ м³. Остальной отрезок оси объемов щебня от 1 до 0 делим на десять равных частей. Отложив по оси ординат $n_{щ}$, $\min n_c$ и $n_{п}$ соответственно при $V_{п} = 0$; до $V_{п} = 1$ и $V_{п} = 1$ и соединив ординаты прямолинейными отрезками, получим ломанную линию, которая определяет характер изменения n_c в зависимости от объемов смеси сухих заполнителей. По графику (рис. 3) на участке вправо от $\min n_c$ принимаем $n_c = 1,2 \min \cdot n_c$ и находим соответствующие ей значения $V_{щ}$ и $V_{п}$.

Согласно рис. 3 при $n_c = 1,2 \min \cdot n_c$, имеем:

$$n_c = 1,2 \cdot 0,236 = 0,283; V_{п} = 0,55 \text{ м}^3; V_{щ} = 0,82 \text{ м}^3.$$

Тогда $Q_{п} = 0,55 \times 1,26 = 0,693 \text{ т}$, $Q_{щ} = 0,82 \times 1,46 = 1,197 \text{ т}$.

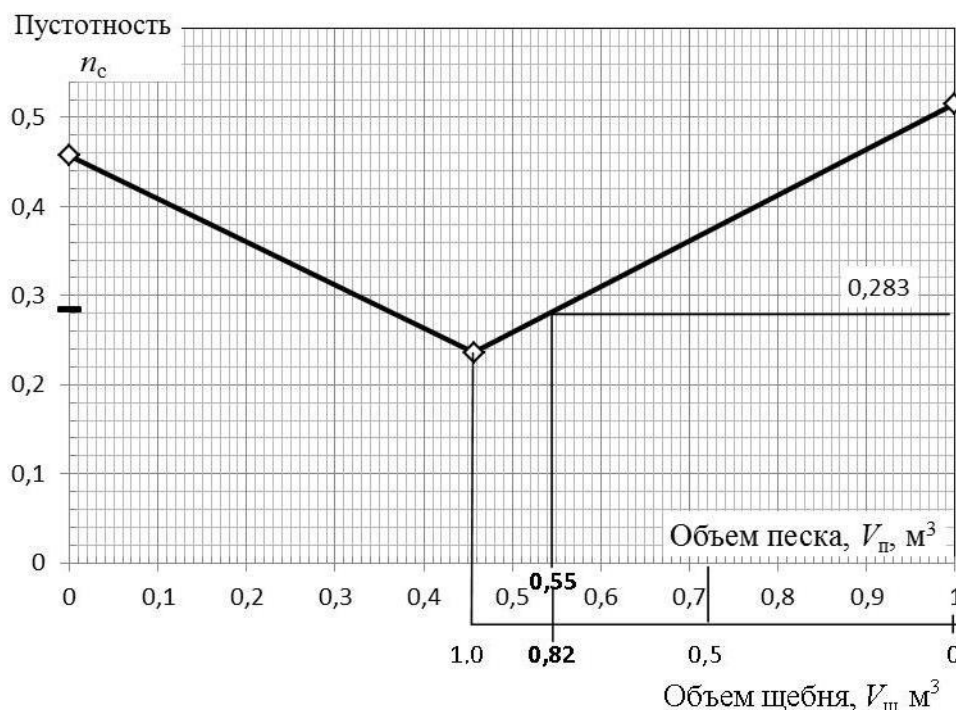


Рисунок 3. Изменение пустотности смеси заполнителей из гранитного щебня фракции 5-20 и песка (составлено авторами)

Определяем удельную поверхность заполнителей щебня $S_{щ}$ и песка $S_{п}$:

$$S_{щ} = 4,2 \text{ см}^2/\text{г} \text{ (см. табл. 1 приведены данные согласно [3]).}$$
$$S_{п} = \frac{6,35 \times 1,3}{1000} (0,5 \cdot 1,68 + 2,41 + 2 \cdot 2,95 + 4 \cdot 7,3 + 8 \cdot 50,4 + 16 \cdot 30,19 + 36 \cdot 4,24) = 8,89 \text{ м}^2/\text{кг}.$$

Удельную поверхность смеси из щебня и песка определяем по формуле:

$$S_c = 88,9 \cdot 0,693 + 4,2 \cdot 1,197 = 61,60 + 5,02 = 66,62 \frac{\text{см}^2}{\text{г}}.$$

По пустотности и суммарной поверхности смеси заполнителей вычисляем объем цементного теста (без учета объема воды $V_{ад}$) на 1 м^3 бетона:

$$V_T = \frac{0,283 + 0,000013 \cdot 66,62}{1 + 0,000013 \cdot 66,62} = 0,284 \text{ м}^3.$$

В первом приближении вычисляем расход цемента, принимая $V_{ад} = 0$:

$$Ц = \frac{(0,284 - 0) \cdot 1000}{1,02 \left[\frac{1}{2,62} + 0,26(1,4 - 0,292) \right]} = \frac{284}{0,683} = 415,8 \text{ кг}.$$

При средней плотности бетонной смеси $\rho_{б.см.} = 2,45 \text{ г/см}^3$ и $(B/C)_{нач}$ цементного теста, равном $1,4 \cdot k_{н.з.}$, получим осадку конуса:

$$OK = 33,2 \frac{0,55}{0,55 + 0,82} 0,284 = \frac{5,185}{1,37} = 3,8 \text{ см}.$$

Определим объем центрифугированного бетона по формуле

$$V_б = 0,284 + \frac{0,693}{2,6} + \frac{1,197}{2,69} = 0,995 \text{ м}^3.$$

Расход материалов по выходу бетона:

$$Q_{п} = \frac{0,693}{0,995} = 696 \text{ кг}; Q_{щ} = \frac{1,197}{0,995} = 1203 \text{ кг}.$$

Начальное водоцементное отношение бетона определяем по формуле:

$$(B/C)_{нач}^б = 1,4 \times 0,26 + \frac{30}{415,8} = 0,436.$$

$V_{зап.}$ – водопотребность заполнителя, принимаем 30 л.

Определяем расход воды по формуле:

$$B = Ц \cdot B/C = 415,8 \cdot 0,436 = 181,3 \text{ л}.$$

Запроектированный состав центрифугированного бетона удовлетворяет заданным требованиям, и в окончательном виде имеет расход материалов:

$$Ц = 415,88 \text{ кг}; П = 696 \text{ кг}; Щ = 1203 \text{ кг}; B = 181,3 \text{ л}.$$

Средняя плотность центрифугированного бетона (бетонной смеси):

$$\rho_{см}^б = 416 + 696 + 1203 + 181 = 2496 \text{ кг/м}^3.$$

Тогда прочность вибрированного бетона будет равна:

$$R_0 = \frac{1,1 \times 52,0}{\frac{1 + 1,65 \times 0,26}{0,26} \times 0,436 - 1,65 \times 0,26} = 29,07 \text{ МПа}.$$

Соответственно для однослойного центрифугированного бетона:

$$R_n = 1,37 \times R_0 = 1,37 \times 29,07 = 39,83 \text{ МПа.}$$

Таким образом, на основе разработанных рекомендаций по подбору составов центрифугированных бетонов нами получен рациональный расход цемента для получения эффективных строительных конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахвердов И.Н. Вопросы теории центробежного формования и уплотнения бетонной смеси. – Республиканское научно – техническое совещание: Технология формования железобетонных изделий, 1979. С. 3-12.
2. Ахвердов И.Н. Высокопрочный бетон. М., Госстройиздат, 1961.
3. Ахвердов И.Н. Железобетонные напорные центрифугированные трубы. – М., 1967, Стройиздат. 165 с.
4. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 500 с.
5. Маилян Л.Р., Стельмах С.А., Холодняк М.Г., Щербань Е.М. Выбор состава центрифугированного бетона на тяжелых заполнителях // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2017. – №10. – С. 52-57. – № 127 в перечне рецензируемых научных изданий от 20.10.2017 г.
6. Михайлов Н.В., Пашковский В.Г. Проблема продольных трещин в центрифугированных опорах // Энергетическое строительство. 1967. №2. С. 60-66.
7. Невский В.А., Федоренко Ю.В., Лысенко Е.И., Петров В.П., Шурыгин В.П. Комбинированные заполнители в центрифугированном бетоне // Транспортное строительство. 1983. №7. С. 30-31.
8. Овсянкин В.И. Железобетонные трубы для напорных водоводов (3-е издание). – М.: Стройиздат, 1971 г.
9. Петров В.П. Технология и свойства центрифугированного бетона с комбинированным заполнителем для стоек опор контактной сети: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Ростов-на-Дону, 1983. 175 с.
10. Руководство по проектированию, изготовлению и применению железобетонных центрифугированных конструкций кольцевого сечения (НИИЖБ). – М., 1979. С. 47-50, 64-71.
11. Стельмах С.А., Щербань Е.М., Сердюков К.В., Пестриков М.М., Яновская А.В. Влияние некоторых характеристик применяемого крупного заполнителя на свойства тяжелого бетона, предназначенного для изготовления центрифугированных изделий и конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2017, № 10. С. 15-20.
12. Anatoliy Shuisky, Sergey Stelmakh, Evgeniy Shcherban and Elena Torlina. MATEC Web of Conferences. ICMTMTE. – 2017. – Vol. 129. URL: www.matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2017/43/matecconf_icmtmte2017_05011.pdf.

Mailyan Levon Rafaelovich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: mailyan@sroufo.ru

Stel'makh Sergey Anatol'evich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: sergej.stelmax@mail.ru

Khalyushev Aleksandr Kayumovich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: khaljushev@mail.ru

Shcherban' Evgeniy Mikhaylovich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: au-geen@mail.ru

Kholodnyak Mikhail Gennadievich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: xolodniak@yandex.ru

Nazhuev Mukhuma Pakhrudinovich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: nazhuev17@mail.ru

Improvement of design recommendations for the selection of concrete composition of centrifuged structures

Abstract. The article reveals the essence of the process of compaction of a concrete mixture during centrifugation. Attention is focused on the phenomena in the process of centrifugation of the compaction and the separation of highly disperse fractions of cement and the hydraulic additives contained in it, which are formed together with water that has been wrung out by silt. The authors studied the phenomena, analyzed the experience of scientists in this field. Dependence of the results on centrifugation by prescription and technological factors is described. The role of the properties of the initial components: a binder and fillers in the formation of quality indices of centrifuged building structures from concrete was noted. It is shown that the physical and mechanical properties of centrifuged concrete depend on a complex of factors: the activity and requirements for cement water, the yield of sediment, the composition of the grain and the water requirements for small and large aggregates, their ratio in the concrete mix, the volume of the cement paste in it, cement, the value of pressing pressure and other factors. It was concluded that when selecting the composition of centrifuged concrete, all these factors should be taken into account. It is noted that one of the decisive factors affecting the strength of centrifuged concrete and its uniformity is the normal density of the cement paste. Increasing the strength of centrifuged concrete by increasing the flow rate of cement above its optimum content does not give a proportional effect. It is established that an increase in the consumption of cement above 500 kg/m³ doubles the shrinkage deformation. It is proposed to use the transition coefficient in determining the strength of centrifuged concrete on vibropressed samples. The computational and experimental method of selecting a concrete composition taking into account the specificity of centrifugation and specific types of initial components is considered and supplemented. Recommendations for the selection of centrifuged concrete compositions have been developed. To obtain efficient building structures, rational consumption of cement was obtained.

Keywords: building structures; heavy concrete; binder; aggregates; cement; sand; crushed stone; centrifugation; selection of concrete composition