

DOI: 10.12737/article_59cd0c5972afe5.94172861

Маилян Л.Р., д-р техн. наук, проф.,
Стельмах С.А., канд. техн. наук, доц.,
Холодняк М.Г., инженер,
Щербань Е.М., канд. техн. наук, ст. преп.
Донской государственный технический университет

ВЫБОР СОСТАВА ЦЕНТРИФУГИРОВАННОГО БЕТОНА НА ТЯЖЕЛЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ

au-geen@mail.ru

Статья посвящена вопросу особенностей расчета состава центрифугированных бетонов на тяжелых заполнителях. Описан эксперимент, проведенный согласно требованиям нормативных документов, касающихся конструкций кольцевого сечения. Рассмотрено действие, оказываемое фракцией 2,5÷5 на физические свойства смеси фракции щебня 5÷20. Приведен исследуемый состав бетонной смеси и физико-механические характеристики бетона из нее. Описано основное оборудование, назначен режим тепловлажностной обработки. Получен состав бетона класса В40. Даны рекомендации для дальнейших исследований по повышению эксплуатационных характеристик изделий и конструкций кольцевого сечения из тяжелого бетона.

Ключевые слова: конструкции и изделия кольцевого сечения, центрифугированный бетон, остаточное водоцементное отношение, подбор состава центрифугированного бетона, оптимальный расход цемента центрифугированных бетонов, режим тепловлажностной обработки центрифугированных бетонов.

Введение. Согласно требованиям нормативных документов, касающихся расчета конструкций кольцевого сечения [1–3], с учетом результатов рассева пробы гранитного щебня контрольного состава, для исследований использовались фракции 10÷20 и 5÷10 мм в соотношении 65÷35. При этом, в контрольном составе содержалось около 12 % щебня фракций размером 2,5÷5 мм.

В этой связи, исследовалось влияние фракций 2,5÷5 мм на насыпную плотность и пустотность смеси гранитного щебня [4–6].

Основная часть. Нормативные документы по производству центрифугированных железобетонных конструкций определяют основные требования к качеству сырьевых материалов для приготовления бетонных смесей.

В качестве вяжущих допускается использование портландцемента без добавки или с минеральными добавками высоких марок. В качестве минеральной добавки могут быть использованы гранулированные доменные шлаки в количестве не более 20 % от массы цемента. Допускается использование портландцементов, предназначенных для бетонных покрытий автомобильных дорог и сульфатостойких портландцементов.

Такие требования к цементам вызваны тем, что в процессе центрифугирования изменяется вещественный состав используемого портландцемента, так как легкие тонкомолотые добавки быстро отжимаются к внутренней полости изделия и уходят в шлам.

Замечено, что одним из решающих факторов, оказывающим влияние на прочность центрифугированного бетона и его однородность, является нормальная густота цементного теста (НГЦТ), которая не должна превышать 28 %. В работе [7] установлено, что изменение НГЦТ с 24 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 [7], что увеличение расхода цемента сверх 500 кг/м³ в два раза увеличивает термоусадочные деформации.

В качестве мелкого заполнителя нормативные документы допускают использование крупно- и среднезернистых природных и дробленых песков. В тех случаях, когда применяется мелкий песок, следует на 3 мин увеличивать продолжительность центрифугирования. Повышенная водопотребность бетонных смесей на мелких песках ведет к увеличению начального водоцементного отношения (В/Ц) и требует дополнительного расхода цемента для получения гарантированной прочности бетона. Например, увеличение начального В/Ц с 0,35 до 0,41 ведет к снижению прочности бетона в среднем на 28 %, при этом меняется и величина переходного коэффициента от прочности вибрированных образцов к прочности центрифугированных.

В качестве крупного заполнителя допускается использование щебня или щебня из гравия

из прочных и морозостойких горных пород. Особо подчеркиваются требования к зерновому составу крупного заполнителя. Рекомендуется осуществлять дозировку двух фракций 5–10 и 10–20 мм отдельно при соотношении между ними 1:1,5 и при максимально допустимой пустотности смеси до 40 % [8].

На базе лаборатории кафедры «Технология вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики» Академии строительства и архитектуры Донского государственного технического университета проведены исследования, показавшие, что введение в щебеночную смесь фракций 2,5÷5 мм в количестве около 12–10 % от общей массы крупного заполнителя снижает ее пустотность до 38 % (рис. 1). В дальнейших исследованиях использовались три фракции гранитного щебня

Павловского месторождения Воронежской области в следующих соотношениях по массе: 10÷20 мм – 60 %; 5÷10 мм – 30 % и 2,5÷5 мм – 10 %.

Для установления оптимального соотношения между мелким и крупным заполнителем в бетоне центробежного уплотнения использовалась методика [2]. Расчет составов производился при трех вариантах расхода цемента 500, 550, 600 кг/м³, марка по удобоукладываемости бетонной смеси была П1 (с осадкой конуса ОК=2–3 см на момент центрифугирования). Бетонная смесь для изготовления контрольных образцов приготавливалась в лабораторном бетоносмесителе принудительного перемешивания БЛ-10 (рис. 2). Фотографии образцов приведены на рис. 3.

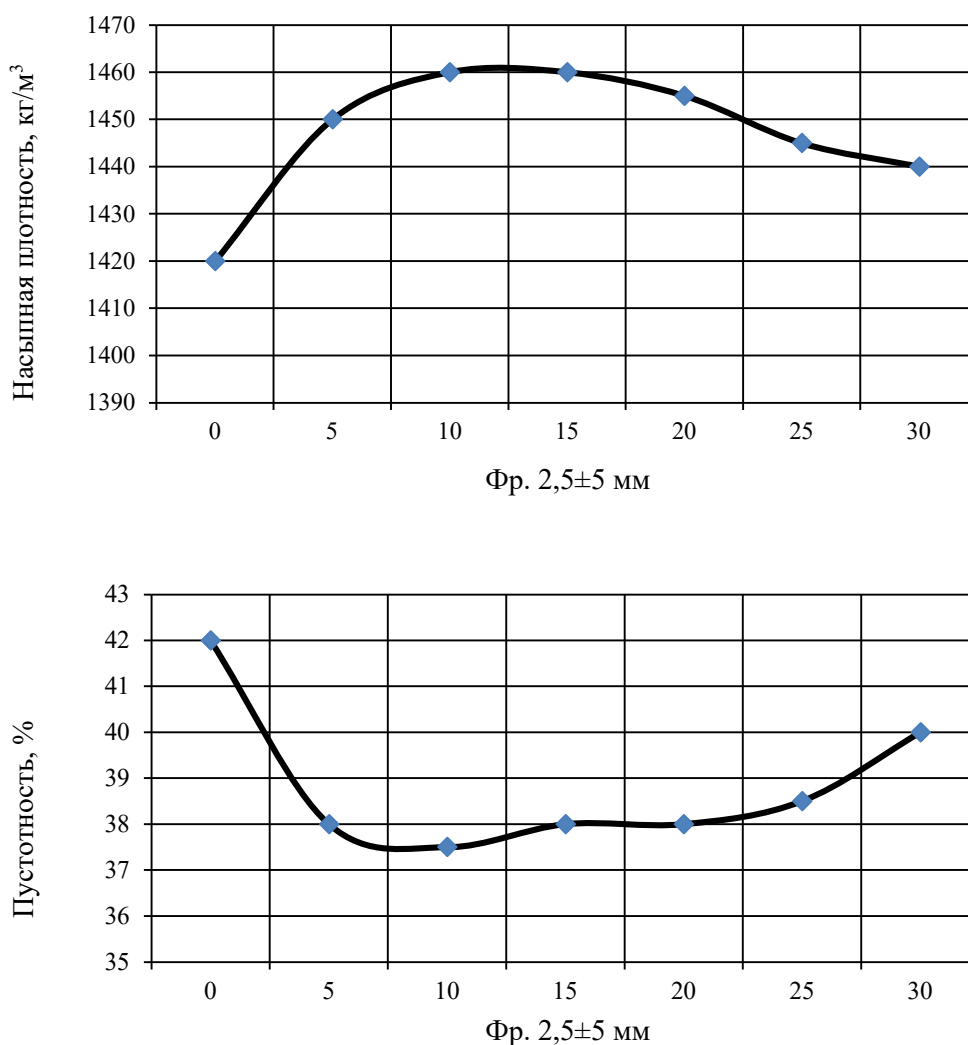


Рис. 1. Зависимость свойств смеси фракций 5±20 мм гранитного щебня от введения фракций 2,5±5 мм

Бетоносмеситель лабораторный БЛ-10, настольный, принудительного действия (турбулентный) предназначен для приготовления растворов и бетонов в лабораториях для контроля качества строительных материалов.

Технические характеристики бетоносмесителя лабораторного БЛ-10 приведены в табл. 1.

Оптимальное соотношение песка и цемента (П/Ц) устанавливалось опытным путем по минимальному водоцементному отношению (В/Ц)

при заданном расходе цемента. За оптимальную принималась бетонная смесь с минимальным значением В/Ц, при центрифугировании которой на внутренней поверхности кольца появлялись вкрапления фракций щебня, выступающие из бетона на $1/3$ своей величины, с расстоянием между зернами в пределах $3 \div 6$ см [1].

Необходимая длительность центрифугирования исследуемых бетонных смесей, была принята на основе анализа литературных и нормативных данных [2] и составила 20 мин. После трехчасовой выдержки образцы подвергались тепловлажностной обработке по режиму $3+10+3$ ч при температуре изотермического прогрева 80 ± 2 °С.

Образцы до испытания выдерживались в течение 27 суток в нормальных условиях [3], после чего из них выпиливали образцы необходимой формы и размеров. Результаты испытаний полученных бетонов приведены на рис. 4.



Рис. 2. Бетоносмеситель лабораторный БЛ-10

Таблица 1

Технические характеристики бетоносмесителя БЛ-10

Параметр	Значение
Геометрический объем, не более л	23
Объем готового замеса бетонной смеси, не более л	10
Число оборотов барабана, не менее об/мин	47
Время перемешивания, с	40–60
Крупность заполнителей, не более мм	40
Мощность двигателя, кВт	0,37
Потребляемый ток, А	1,18
Габаритные размеры, не более мм	
- длина	410
- ширина	410
- высота	450
Масса, кг	25



Рис. 3. Образцы из центрифугированного бетона перед тепловлажностной обработкой

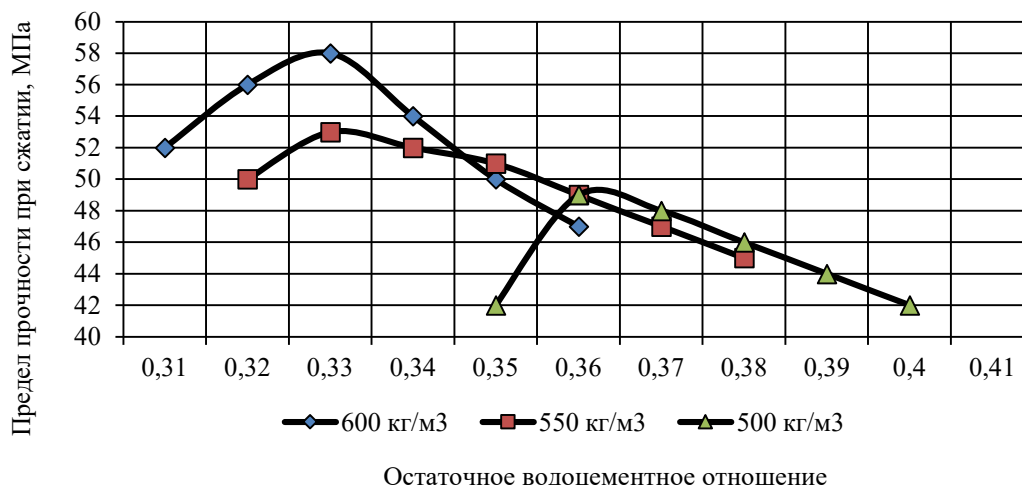


Рис. 4. Зависимость прочности центрифугированного бетона при различных расходах цемента от остаточного ВЦ

В результате проведенных экспериментов авторами было найдено оптимальное соотношение (рис. 5) между песком и гранитным щебнем П/Щ = 0,3, обеспечивающее минимальный расход цемента для бетона В40 (Ц=520 кг/м³) и ми-

нимальный выход цемента в шлам, что подтверждает низкая плотность шлама, отжатого в процессе 20-минутного уплотнения на центрифуге. Состав центрифугированного бетона приведен в табл. 2.

Таблица 2

Состав центрифугированного бетона

Состав	Расход материала на 1 м³ бетона, кг						Плотность шлама, г/см³	В/Ц начальное	В/Ц конечное	Прочность при сжатии, МПа
	Цемент	Вода	Песок	Гранитный щебень, фракций мм						
				10±20	5±10	2,5±5				
С№1	520	193	396	778	409	132	1,22	0,371	0,338	50
	524	177	405	796	418	135				

Примечание к таблице. Над чертой – до, а под чертой – после центрифугирования.

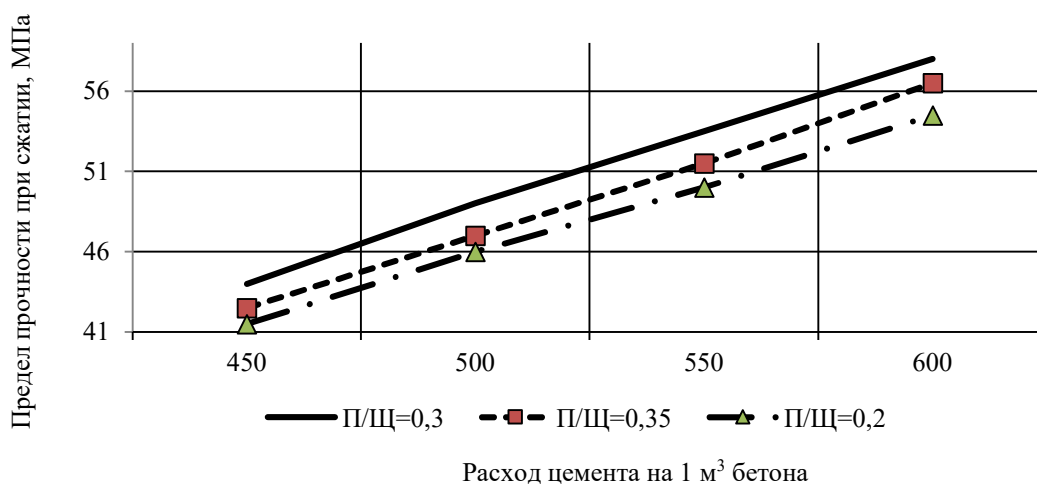


Рис. 5. Выбор оптимального расхода цемента для центрифугированного бетона В40 в 28 суточном возрасте (бетон тяжелый)

Вывод. Полученный состав бетона класса В40 рекомендован для дальнейших исследований по повышению эксплуатационных характеристик изделий и конструкций кольцевого сечения из тяжелого бетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по проектированию, изготовлению и применению железобетонных центрифугированных конструкций кольцевого сечения. М.: НИИЖБ, 1979. С.47–50, 64–71.

2. ВСН 1-90 «Технологические правила изготовления центрифугированных стоек опор контактной сети, линий связи и автоблокировки».
3. ГОСТ 10180–2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».
4. Богданов В.С., Ильин А.С., Семикопенко И.А. Процессы в производстве строительных материалов и изделий. Белгород: «Везелица», 2007. 512 с.
5. Виноградов Б.Н. Влияние заполнителей на структуру и свойства бетонов. М.: Стройиздат, 1986. 249 с.
6. 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.
7. Михайлов Н. В., Пашковский В. Г. Проблема продольных трещин в центрифугированных опорах // Энергетическое строительство. 1967. №2. С. 60–66.
8. Раджан Сувал Свойства центрифугированного бетона и совершенствование проектирования центрифугированных железобетонных стоек опор ЛЭП: дис.... канд. техн. наук. Ростов-на-Дону, 1997. 267 с.
9. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества (технология и свойства). М.: Стройиздат, 1966. 407 с.
10. Лебедев А.П., Кмит П.Ф. Пути совершенствования производства сборных железобетонных труб и колец // Обзорная информация. Серия «Строительство». Минск, 1976. 40 с.
11. Олюнин В.В. Способы обеспечения качества крупного заполнителя для производства напорных труб // Бетон и железобетон. 1986. №5. С. 15–16.
12. Производство бетонных и железобетонных конструкций: Справочник. Под ред. Б.В. Гусева, А.И. Звездова, К.М. Королева. М.: Издат. Центр «Новый век», 1998. 384с.
13. Романенко Е.Ю. Высокопрочные бетоны с минеральными пористыми и волокнистыми добавками для изготовления длинномерных центрифугированных конструкций: дис.... канд. техн. наук. Ростов-на-Дону, 1989. 179 с.
14. Руководство по изготовлению железобетонных центрифугированных стоек опор контактной сети и воздушных линий автоблокировки из бетонов с комбинированным заполнителем. М.: ЦНИИС, 1989. 35 с.
15. Pooya Alae, Bing Li. High-strength concrete exterior beam-column joints with high-yield strength steel reinforcements // Engineering Structures. 2017. Vol. 145. P. 305–321.
16. Mohamed K. Ismail, Assem A.A. Hassan. An experimental study on flexural behaviour of large-scale concrete beams incorporating crumb rubber and steel fibres. 2017. Vol. 145. P. 97–108.

Информация об авторах

Маилян Левон Рафаэлович, член-корреспондент РААСН, доктор технических наук, профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций.

E-mail: mailyan@sroufo.ru

Донской государственный технический университет.
Россия, 344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1.

Стельмах Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики.

E-mail: sergej.stelmax@mail.ru

Донской государственный технический университет.
Россия, 344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1.

Холодняк Михаил Геннадиевич, инженер кафедры технологии вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики.

E-mail: xolodniak@yandex.ru

Донской государственный технический университет.
Россия, 344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1.

Щербань Евгений Михайлович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики.

E-mail: au-geen@mail.ru

Донской государственный технический университет.
Россия, 344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1.

Поступила в сентябре 2017 г.

© Маилян Л.Р., Стельмах С.А., Холодняк М.Г., Щербань Е.М., 2017

Mailyan L.R., Stel'makh S.A., Kholodnyak M.G., Shcherban' E.M.

SELECTION OF THE COMPOSITION OF CENTRIFUGED CONCRETE ON HEAVY FILLERS

The article is devoted to the peculiarities of calculating the composition of centrifuged concretes on heavy fillers. An experiment was performed, which was carried out in accordance with the requirements of normative documents concerning structures of the annular section. The action exerted by the 2.5÷5 fraction on the physical properties of the mixture of the fraction of crushed stone 5÷20 is considered. The investigated composition of the concrete mix and the physical and mechanical characteristics of concrete from it are given. The basic equipment is described; the mode of heat and moisture treatment is assigned. The composition of concrete is class B40. Recommendations are given for further studies to improve the performance characteristics of products and structures of the annular section of heavy concrete.

Keywords: *constructions and products of annular section, centrifuged concrete, residual water-cement ratio, selection of the composition of centrifuged concrete, optimal cement consumption of centrifuged concrete, heat treatment regime for centrifuged concrete.*

Information about the authors

Mailyan Levon Rafaelovich, DSc, Professor.

E-mail: mailyan@sroufo.ru

Don State Technical University.

Russia, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1.

Stel'makh Sergey Anatol'evich, PhD, Assistant professor.

E-mail: sergej.stelmax@mail.ru

Don State Technical University.

Russia, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1.

Kholodnyak Mikhail Gennadievich, engineer.

E-mail: xolodniak@yandex.ru

Don State Technical University.

Russia, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1.

Shcherban' Evgeniy Mikhaylovich, PhD, Senior lecturer.

E-mail: au-geen@mail.ru

Don State Technical University.

Russia, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1.

Received in September 2017

© Mailyan L.R., Stel'makh S.A., Kholodnyak M.G., Shcherban' E.M., 2017