

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

2019, №6, Том 11 / 2019, No 6, Vol 11 <https://esj.today/issue-6-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/91SAVN619.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Ганина А.А., Яновская А.В., Мозговая А.С., Ткаченко Д.И., Онищук М.И., Скуч М.С. Исследование влияния технологических факторов на формирование слитной структуры и свойства тяжелого бетона // Вестник Евразийской науки, 2019 №6, <https://esj.today/PDF/91SAVN619.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Ganina A.A., Yanovskaya A.V., Mozgovaya A.S., Tkachenko D.I., Onishchuk M.I., Skuch M.S. (2019). Investigation of the influence of technological factors on the formation of the fusion structure and properties of heavy concrete. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 6(11). Available at: <https://esj.today/PDF/91SAVN619.pdf> (in Russian)

УДК 691

ГРНТИ 67.09.33

Ганина Анастасия Александровна

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

Яновская Алина Вадимовна

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

Мозговая Александра Сергеевна

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

Ткаченко Диана Игоревна

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

Онищук Максим Игоревич

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Магистрант
E-mail: maxim777888999@rambler.ru

Скуч Максим Сергеевич

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

Исследование влияния технологических факторов на формирование слитной структуры и свойства тяжелого бетона

Аннотация. Был проведен аналитический обзор научно-технической литературы, посвященной исследованию влияния различных типов структуры на свойства бетонов. Сделан

вывод, что создание, с учетом повышающихся технологических возможностей, новых, а также модернизация существующих способов изменения типов структуры цементных бетонов является актуальным направлением строительной науки и ведет к повышению качества и безопасности современных строительных материалов, изделий и конструкций. Для исследований в данной работе применялся портландцемент ЦЕМ I 42,5Н ГОСТ 31108-2016, мелкий заполнитель в виде кварцевого песка Ерофеевского месторождения, соответствующий требованиям ГОСТ 8736-2014, гранитный щебень Бугултайского карьера стандартных фракций – 5–10 мм, 10–20 мм, водопроницаемая вода, соответствующая требованиям ГОСТ 23732-2011, добавка-суперпластификатор С-3. Для приготовления бетона слитной структуры в лабораторных условиях применялся бетоносмеситель лабораторный БЛ-10. Для уплотнения бетонной смеси использовались две различные лабораторные виброплощадки: виброплощадка лабораторная СМЖ-539 с механическим креплением для форм и площадка вибрационная лабораторная. Исследовалось влияние вида виброплощадки и длительности вибрирования на прочность при сжатии, плотность и однородность прочности при сжатии бетона слитной структуры. При этом марка по удобоукладываемости бетонной смеси П1 оставалась постоянной. Опытным путем были выбраны три различных продолжительности вибрационного воздействия: 20 с; 40 с и 60 секунд. В результате уплотнения бетона на виброплощадке лабораторной СМЖ-539 наблюдаются лучшие показатели качества готового композита, нежели на другой вибрационной площадке. Наиболее оптимальная продолжительность вибрирования для выбранной марки бетона по удобоукладываемости – 40 с.

Вклад авторов.

Яновская Алина Вадимовна – автор осуществил написание статьи.

Ганина Анастасия Александровна – автор оказывал участие при оформлении статьи.

Мозговая Александра Сергеевна – автор оказывал участие при оформлении статьи.

Ткаченко Диана Игоревна – автор оказывал участие при оформлении статьи.

Онищук Максим Игоревич – автор одобрил окончательную версию статьи перед ее подачей на публикацию.

Скуч Максим Сергеевич – автор оказывал участие при оформлении статьи.

Ключевые слова: тяжелый бетон; слитная структура; технологические факторы; длительность вибрирования; виброплощадка; прочность при сжатии; удобоукладываемость

Только при тщательном уплотнении бетонных смесей может быть достигнуто необходимое качество бетона. Вибрирование является не только средством ускорения и механизации укладки бетонной смеси в строительную опалубку, но и средством уплотнения бетона в процессе формирования изделий. При поступлении из смесителя бетонная смесь имеет достаточно большое число воздушных пор. Жесткие смеси образуют неустойчивые рыхлые структуры с крупными воздушными полостями. Отношение для них объема воздушных пор к общему объему смеси достигает 40–50 %. Пластичные смеси почти полностью водонасыщены, содержание воздуха в них может не превышать 5–20 %. В среднем на каждый процент воздушных пор приходится 5–6 % падения прочности. Эти данные получены для бетонов с содержанием цементного камня 300–500 л/м. При снижении расхода цемента недоуплотнение сказывается на прочности еще более заметно и может дойти до 7–8 % на 1 % сохраняемого воздуха. Недоуплотнение отрицательно сказывается и на ряде других свойств затвердевшего бетона. Степень уплотнения бетонной смеси определяется коэффициентом уплотнения [1–4].

Применение разночастотных режимов вибрации позволяет улучшить упаковку различного по крупности заполнителя. Для каждой бетонной смеси при принятых параметрах колебаний имеется оптимальная продолжительность вибрирования. При недостаточной его продолжительности наблюдается недоуплотнение бетона и снижение его прочности; слишком длительное вибрирование не дает заметного повышения плотности и прочности бетона и может вызвать расслоение пластичных смесей. Обычно рекомендуется продолжительность вибрирования принимать вдвое большей показателя жесткости бетонной смеси, определенной на стандартной лабораторной площадке [5–8].

На первой стадии, чтобы преодолеть силы сцепления и сухого трения неуплотненных частиц бетонной смеси, используются низкочастотные колебания с большой амплитудой. В зависимости от свойств смеси и размеров крупного заполнителя для преодоления предельного напряжения сдвигу необходимы колебания с амплитудой 1–5 мм. На второй стадии для достаточного тиксотропного разжижения растворной составляющей целесообразны повышенные частоты или введение пластифицирующих добавок [9–12].

Таким образом, после проведения аналитического обзора научно-технической литературы, посвященной исследованию влияния различий типов структуры на свойства бетонов, можно сделать вывод, что создание, с учетом повышающихся технологических возможностей, новых (а также модернизация существующих) способов изменения типов структуры цементных бетонов является актуальным направлением строительной науки и ведет к повышению качества и безопасности современных строительных материалов, изделий и конструкций [13; 14].

Для исследований в данной работе применялся портландцемент ЦЕМ I 42,5Н ГОСТ 31108-2016, физико-механические свойства которого приведены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-механические свойства цементов

Наименование	Удельная поверхность, м ² /кг	Нормальная плотность, %	Сроки схватывания, мин.		Активность, МПа	
			начало	конец	R _{изг}	R _{сж}
Портландцемент	370	27,0	75	195	5,7	50,0

Составлено авторами

В данной работе применялся мелкий заполнитель в виде кварцевого песка Ерофеевского месторождения, соответствующий требованиям ГОСТ 8736-2014 по показателям «зерновой состав», «истинная плотность», «содержание пылевидных и глинистых частиц», «содержание глины в комках», «наличие органических примесей». Физико-механические показатели мелкого заполнителя приведены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-механические показатели мелкого заполнителя

Показатели	Единицы измерения	Результаты испытаний	Требования ГОСТ 8736-2014	Оценка соответствия требованиям
1. Зерновой состав:				
- содержание частиц крупнее 10 мм	1,2	%	не более 5	соответствует
- содержание частиц крупнее 5 мм	4,5	%	не более 15	соответствует
- полный остаток на сите №063	38,9	%	от 30 до 45	соответствует
- содержание частиц мельче 0,16 мм	6,2	%	не более 20	соответствует
- модуль крупности	2,28	%		
2. Содержание пылевидных и глинистых частиц	%	2,1	не более 3	соответствует
3. Содержание глины в комках	%	0	не более 0,5	соответствует
4. Истинная плотность песка	г/см ³	2,69	не менее 2	соответствует
5. Насыпная плотность песка	кг/м ³	1523	не нормируется	-

Показатели	Единицы измерения	Результаты испытаний	Требования ГОСТ 8736-2014	Оценка соответствия требованиям
6. Межзерновая пустотность	%	40	не нормируется	-
7. Наличие органических примесей	%	0,05	-	-

Составлено авторами

По зерновому составу песок относится к группе средних песков II класса.

Для исследований в данной работе применялся гранитный щебень Бугултайского карьера стандартных фракций – 5–10 мм, 10–20 мм.

В таблицах 3 и 4 приведены физико-механические показатели крупного заполнителя.

Таблица 3

Физические свойства крупного заполнителя

Наименование материала	Фракция	Удельная поверхность, см ² /г	Насыпная плотность, кг/м ³	Истинная (средняя) плотность, кг/м ³	Пустотность, %
Щебень гранитный	20–2,5	4,2	1460	2700	45,7
	20–10	2,7	1430		46,8
	10–5,0	5,4	1510		43,8
	5,0–2,5	9,4	1590		40,8

Составлено авторами

Таблица 4

Физико-механические показатели гранитного щебня

Наименование показателей	Фактические показатели	Требования ГОСТ 8267
Содержание пылевидных и глинистых частиц, % по массе	0,58	не более 1
Содержание глины в комках, % по массе	0	0,25
Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм	38,5	Св. 35 до 50 для 5 группы
Дробимость, % по массе	10,9	до 12 включ. для марки Др1400

Составлено авторами

Для приготовления бетона слитной структуры использовалась водопроводная вода, соответствующая требованиям ГОСТ 23732-2011.

Для исследований в данной работе применялись добавка-суперпластификатор С-3.

Свойства добавки-суперпластификатора приведены в таблице 5.

Таблица 5

Характеристики суперпластификатора С-3

1	Плотность (г/см ³)	1,16–1,2
2	Активных веществ (%)	69
3	Содержание воды (%)	10
4	рН раствора	7–9
5	Количество золы (%)	38
6	Срок хранения жидкого/порошкообразного (месяцев)	6/24

Составлено авторами

Для приготовления бетонной смеси применялся бетоносмеситель лабораторный БЛ-10.

Технические характеристики лабораторного бетоносмесителя представлены в таблице 6.

Таблица 6

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

Составлено авторами

Для уплотнения бетонной смеси использовались две различные лабораторные виброплощадки: виброплощадка лабораторная СМЖ-539 с механическим креплением для форм и площадка вибрационная лабораторная [15–17], внешний вид которых представлен на рисунках 1 и 2.

Технические характеристики применяемых виброплощадок приведены в таблице 7.



Рисунок 1. Внешний вид виброплощадки лабораторной СМЖ-539 (составлено авторами)



Рисунок 2. Внешний вид площадки вибрационной лабораторной (составлено авторами)

Таблица 7

Основные технические характеристики виброплощадок

Наименование	Численное значение и единицы измерений
Виброплощадка лабораторная СМЖ-539	
Амплитуда колебаний	0,35±0,05 мм 0,4±0,05 мм 0,5±0,05 мм
Частота колебаний	2900±100 кол/мин.
Вид колебаний	Вертикально-направленные
Грузоподъемность	до 100 кг
Крепление форм на столе	Механическое – прижимной планкой
Площадка вибрационная лабораторная	
Амплитуда колебаний под нагрузкой	0,35±0,03 мм 0,5±0,05 мм
Частота колебаний	2900±100 кол/мин
Вид колебаний	Гармонические, вертикально направленные
Потребляемая мощность	Не более 1,5 кВт

Составлено авторами

Для контроля свойств бетона слитной структуры используется испытательное оборудование и средства измерений [15–17], основные параметры которых представлены в таблице 8.

Таблица 8

Параметры испытательного оборудования и средств измерений

№ п/п	Наименование испытательного оборудования, тип (марка)	Изготовитель (страна, наименование организации, год выпуска)	Основные технические характеристики, класс точности, погрешность измерений
1	Сушильный шкаф ШС 80-01 СПУ	Россия, ОАО «Смоленское СКТБ СПУ», 2006 г.	$T_{\text{макс}} = 350 \text{ }^{\circ}\text{C}$ погрешность термостатирования $\pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$
2	Сосуды мерные цилиндрические КП-601/4	Республиканское промышленное объединение «Росремдормаш», г. Краснодар	5 л; 10 л; 20 л; 50 л
3	Пресс гидравлический П-50	СССР, «ПКЦ ЗИМ», 1976	100 кгс – 50000 кгс $\pm 2 \%$
4	Весы неавтоматического действия DL, мод. DL-3000	Япония, AND, 2016 г.	0,001–3000 г. 2-й
5	Линейка измерительная металлическая 300 мм. Зав. № 6	РФ, Москва «Дорстройприбор», 2010 г.	5 м 4-й
6	Штангенциркуль ШЦ-П	РФ, Москва «Дорстройприбор», 2012 г.	0–250 мм 2-й
7	Секундомер механический Тип СОПр-2а-2-010 вр 1 д 3	Россия, Златоусовский часовой завод, г. Златоуст, 2000 г.	0–30 мин. КТ 2 $+1,0 \text{ с}$
8	Мерный цилиндр стекло: 50 – Зав. № 47 100 – Зав. № 48 250 – Зав. № 45 500 – Зав. № 46 1000 – Зав. № 44	Россия, ООО «ЛТП Калибр», 2013	0–50 мл 0–100 мл 0–250 мл 0–500 мл 0–1000 мл $\pm 1 \text{ мл, } 2 \text{ кл}$ $\pm 1 \text{ мл, } 2 \text{ кл}$ $\pm 2 \text{ мл, } 2 \text{ кл}$ $\pm 5 \text{ мл, } 2 \text{ кл}$ $\pm 10 \text{ мл}$ 2 кл

Составлено авторами

Исследовалось влияние вида виброплощадки и длительности вибрирования на прочность при сжатии, плотность и однородность прочности при сжатии бетона слитной структуры.

При этом марка по удобоукладываемости бетонной смеси П1 оставалась постоянной.

Опытным путем были выбраны три различных продолжительности вибрационного воздействия: 20 с; 40 с и 60 секунд.

Результаты исследования влияния технологических факторов на формирование слитной структуры бетона и его свойства приведены в таблице 9 и на рисунках 3–5.

Таблица 9

Результаты влияния технологических факторов на свойства бетона слитной структуры

Виброплощадка	Длительность вибрирования, с	$R_{\text{сж}}$, МПа	ρ , кг/м ³	v , %
Площадка вибрационная лабораторная	20	32,5	2355	8,5
	40	38,2	2425	5,0
	60	35,8	2400	6,2
Виброплощадка лабораторная СМЖ-539	20	34,9	2380	7,1
	40	42,2	2450	4,2
	60	38,7	2435	5,5

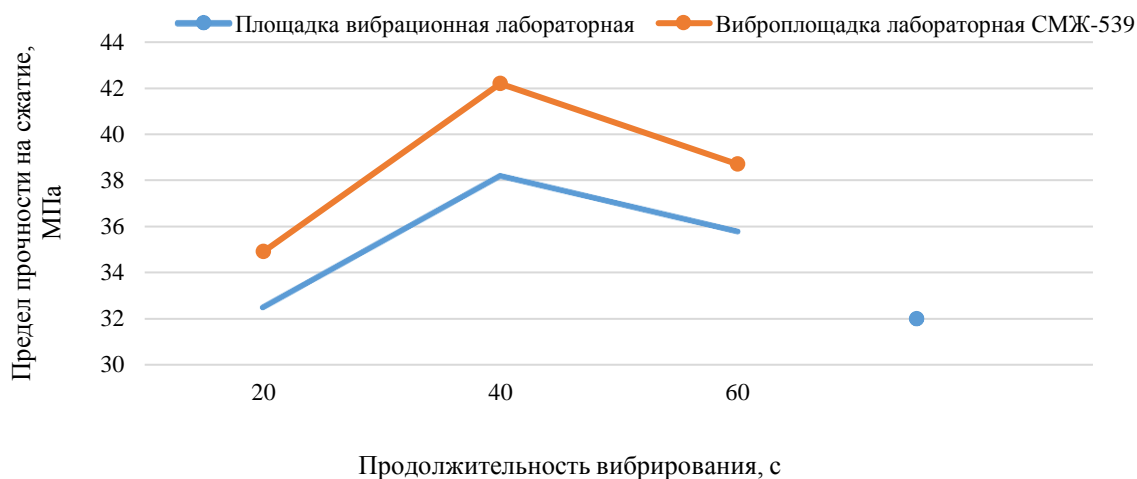


Рисунок 3. Зависимость прочности на сжатие бетона от продолжительности вибрирования и типа виброплощадки (составлено авторами)

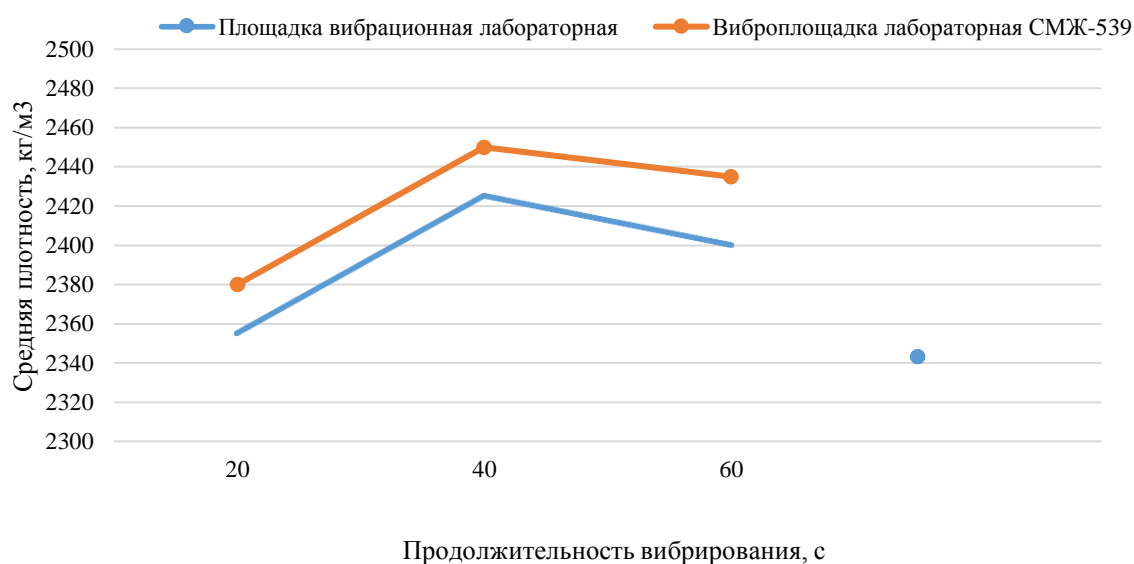


Рисунок 4. Зависимость средней плотности бетона от продолжительности вибрирования и типа виброплощадки

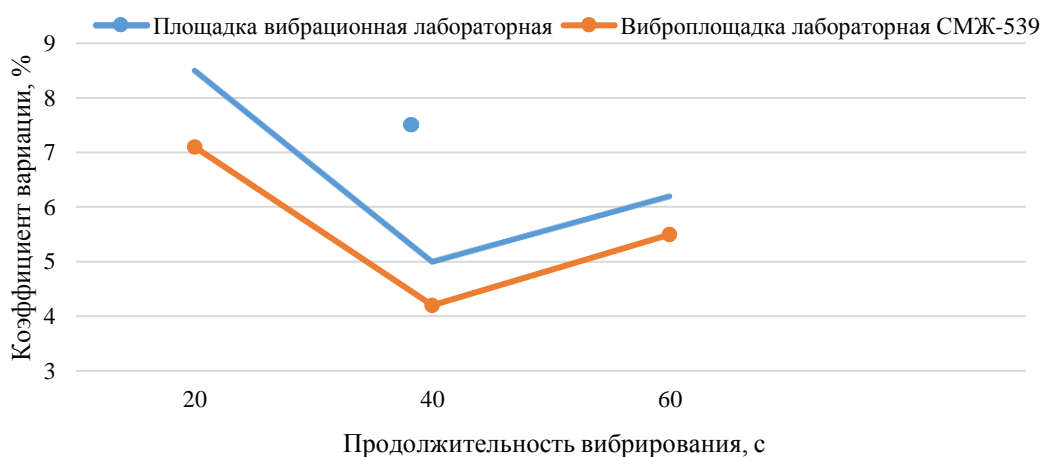


Рисунок 5. Зависимость однородности прочности бетона на сжатие от продолжительности вибрирования и типа виброплощадки (составлено авторами)

В результате уплотнения бетона на виброплощадке лабораторной СМЖ-539 наблюдаются лучшие показатели качества готового композита, нежели на другой вибрационной площадке.

Наиболее оптимальная продолжительность вибрирования для выбранной марки бетона по удобоукладываемости – 40 с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Невский В.А. Строительное материаловедение: учебное пособие / под общей ред. В.А. Невского. Изд. 2-е, доп. и перераб. Ростов н/Д: Феникс, 2009. 588 с.
2. Несветаев Г.В. Бетоны: учебное пособие. Ростов н/Д: Феникс, 2011. 381 с.
3. Селяев В.П., Соломатов В.И., Ерофеев В.Т. Композиционные строительные материалы каркасной структуры. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 1993. 167 с.
4. Ерофеев В.Т., Мищенко Н.И., Селяев В.П. и др. Каркасные строительные композиты. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 1995. 372 с.
5. Соломатов В.И. Актуальные проблемы обеспечения долговечности материалов, конструкций и сооружений // Долговечность строит. материалов и конструкций: тез. докл. междунар. конф. Саранск, 1995. С. 3–5.
6. Соломатов В.И. Проблемы современного строительного материаловедения // Современ. проблемы строит. материаловедения. Казань, 1996. Н. 1. Общие проблемы и решения теории и практики строит. материаловедения. С. 3–9.
7. Горчаков Г.И. Строительные материалы. М.: Высшая школа, 1981. 412 с.
8. Михайлов К.В., Красный И.М., Демянюк П.А. Применение мелкозернистых бетонов в строительстве // Бетон и железобетон. 1980. № 2. С. 5–6.
9. Грибкова Т.Е. Совершенствование технологии вибропрессования изделий из песчаных бетонов. Автореф. ... дис. канд. тех. наук. Л.: ЛИИЖТ, 1990. 27 с.
10. Гусев Б.В., Минсадров И.Н., Кудрявцева В.Д. Свойства мелкозернистых бетонов при различных способах уплотнения // Промышленное и гражданское строительство. 2009. № 5. С. 48–50.
11. Гусев Б.В., Минсадров И.Н. Особенности упаковки частиц заполнителей в мелкозернистых бетонах при создании долговечных материалов: Материалы IX науч.-практ. конф. «Безопасность движения поездов». М.: МИИТ. 2008. С. 4–9.
12. Кузин В.Н., Младова М.В., Мирзабаев Т.Н. Составы мелкозернистых бетонов и их влияние на формуемость, структуру и прочность // Мелкозернистые бетоны и конструкции из них. М.: НИИЖБ, 1985. С. 11–18.
13. Хирис Н.С. Высоконаполненный мелкозернистый бетон на основе техногенных отходов металлургии: дисс. ... канд. техн. наук.: 05.23.05. Волгоград, 2014. 144 с.
14. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Проектирование составов бетона с заданными свойствами. Ровно: Изд-во РГТУ, 1999. 197 с.
15. Щербань Е.М., Стельмах С.А. Влияние длительности электровиброобработки на значение коэффициента конструктивного качества пенобетона // Известия Ростовского государственного строительного университета. 2012. № 16. С. 143–144.
16. Стельмах С.А., Щербань Е.М., Мозговая А.С., Скуч М.С. Исследование и сравнительный анализ вариантов комбинирования крупных заполнителей различных видов для тяжелого бетона вибрированных железобетонных изделий и конструкций // Вестник Евразийской науки. 2019. № 3 URL: <https://esj.today/PDF/29SAVN319.pdf>.
17. Щуцкий В.Л., Стельмах С.А., Насевич А.С., Щербань Е.М., Эдигер В.В., Игнатьева И.Ю. Исследование зависимости некоторых физико-механических характеристик и показателей долговечности тяжелых бетонов от вида технологии их получения // Вестник Евразийской науки, 2019, № 3 URL: <https://esj.today/PDF/31SAVN319.pdf>.

Ganina Anastasiya Aleksandrovna

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

Yanovskaya Alina Vadimovna

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: kgweny@gmail.com

Mozgovaya Aleksandra Sergeevna

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

Tkachenko Diana Igorevna

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

Onishchuk Maksim Igorevich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: maxim777888999@rambler.ru

Skuch Maksim Sergeevich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: skerj@gmail.com

Investigation of the influence of technological factors on the formation of the fusion structure and properties of heavy concrete

Abstract. An analytical review of the scientific and technical literature devoted to the study of the influence of different types of structure on the properties of concrete was conducted. The authors concluded that creation, due to rising technological opportunities, new and upgrading of existing ways to change the structure types of cement concrete is an important way of building science and leads to improving the quality and safety of modern construction materials, products and structures. For research in this work used Portland cement TSEM I 42,5 N GOST 31108-2016, fine aggregate in the form of quartz sand Erofeevskogo deposits, corresponding to the requirements of GOST 8736-2014, granite crushed stone Bugultayskogo quarry standard fractions – 5–10 mm, 10–20 mm, tap water, corresponding to the requirements of GOST 23732-2011, additive-superplasticizer C-3. For preparation of concrete of the merged structure in laboratory conditions the concrete mixer laboratory BL-10 was applied. Two different laboratory vibration platforms were used for compaction of concrete mix: laboratory vibration platform smzh-539 with mechanical fastening for forms and vibration laboratory platform. The influence of the type of vibration platform and the duration of vibration on the compressive strength, density and uniformity of compressive strength of the concrete of the fused structure was studied. At the same time, the mark on the workability of the concrete mixture P1 remained constant. Experimentally, three different durations of vibration exposure were chosen: 20 s; 40 s and 60 seconds. As a result of compaction of concrete on the vibrating platform of laboratory smzh-539 better indicators of quality of a ready composite, than on other vibrating platform are observed. The most optimal duration of vibration for the selected brand of concrete on workability – 40 s.

Keywords: heavy concrete; fused structure; technological factors; duration of vibration; vibration platform; compressive strength; workability