

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

2019, №3, Том 11 / 2019, No 3, Vol 11 <https://esj.today/issue-3-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/31SAVN319.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

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, <https://esj.today/PDF/31SAVN319.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Shchutskiy V.L., Stel'makh S.A., Nasevich A.S., Shcherban' E.M., Ediger V.V., Ignat'eva I.Yu. (2019). The study of the dependence of some physico-mechanical characteristics and indicators of the durability of heavy concrete on the type of technology for their production. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 3(11). Available at: <https://esj.today/PDF/31SAVN319.pdf> (in Russian)

УДК 691

ГРНТИ 67.09.33

Щуцкий Виктор Лукьянович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Профессор кафедры «Железобетонные и каменные конструкции»
Кандидат технических наук
E-mail: vikluk75@mail.ru

Стельмах Сергей Анатольевич

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Доцент кафедры «Инженерная геология, основания и фундаменты»
Кандидат технических наук
E-mail: sergej.stelmax@mail.ru

Насевич Алина Сергеевна

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Ассистент кафедры «Железобетонные и каменные конструкции»
E-mail: x609km@mail.ru

Щербань Евгений Михайлович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Доцент кафедры «Инженерная геология, основания и фундаменты»
Кандидат технических наук
E-mail: au-geen@mail.ru

Эдигер Владимир Викторович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Магистрант
E-mail: zoomer95@list.ru

Игнатьева Ирина Юрьевна

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Магистрант
E-mail: marign1@rambler.ru

Исследование зависимости некоторых физико-механических характеристик и показателей долговечности тяжелых бетонов от вида технологии их получения

Аннотация. Актуальным направлением в строительной науке является совершенствование технологий железобетонных изделий и конструкций с целью повышения их эксплуатационных характеристик. Рядом отечественных ученых проводились исследования долговечности центрифугированных железобетонных конструкций. Проведен литературный обзор, описаны исследования, посвященные вопросам центробежно уплотненных бетонов и их показателям прочности и долговечности. Анализ многочисленных экспериментально-теоретических исследований подтверждает сложность и неоднозначность влияния низких температур на водонасыщенный железобетон. Физическая неоднородность бетона, а также бетона и стали, обусловили возникновение температурно-напряженного состояния, которое при определенных условиях способно интенсифицировать процесс снижения сопротивляемости материалов силовым воздействиям. Проблема обеспечения стойкости железобетонных конструкций при замораживании-оттаивании решается как технологическими мероприятиями (состав бетона, химические добавки, режим формования), формирующими пористую структуру бетона, которая характеризуется высокой морозостойкостью при одновременно высокой прочности, так и мерами конструктивного характера (рациональная геометрия сечения, армирование). При совместном действии эксплуатационных нагрузок, отрицательной температуры и периодического увлажнения следует добиваться такого перераспределения усилий между бетоном и арматурой в железобетонной конструкции, которое способствовало бы сохранению ее несущей способности в течение проектного срока службы в суровых условиях. На морозостойкость центрифугированных конструкций оказывают влияние особенности, связанные со спецификой формования. Проведен ряд экспериментальных исследований, целью которых явилось выявление зависимости таких характеристик бетона как прочность при сжатии, морозостойкость, водонепроницаемость от технологии получения таких бетонов. При этом проверялось также влияние исходного состава, запроектированного под определенный класс бетона по номинальному ряду.

Вклад авторов.

Щуцкий Виктор Лукьянович – автор одобрил окончательную версию статьи перед ее подачей на публикацию.

Стельмах Сергей Анатольевич – автор осуществил написание статьи.

Насевич Алина Сергеевна – автор осуществил написание статьи.

Щербань Евгений Михайлович – автор собрал, проанализировал и интерпретировал материал для статьи.

Эдигер Владимир Викторович – автор оказывал участие при оформлении статьи.

Игнатьева Ирина Юрьевна – автор оказывал участие при оформлении статьи.

Ключевые слова: центрифугированный бетон; вибрированный бетон; долговечность бетонных конструкций; морозостойкость; водонепроницаемость; прочность при сжатии; номинальный класс бетона

Актуальным направлением в строительной науке является совершенствование технологий железобетонных изделий и конструкций с целью повышения их эксплуатационных характеристик.

Долговечность железобетонных конструкций, изготовленных методом центрифугирования, исследовалась рядом отечественных ученых [1–4].

Е. Хонигманном в процессе испытаний отрезков центрифугированных опор ЛЭП с искусственными образованными поперечными трещинами по ускоренной методике было выявлено, что при ширине раскрытия трещин до 0,3 мм опасное развитие коррозионных проявлений на арматуре не проявлялось. С учетом этого, кратковременное раскрытие трещин до 0,5 мм более безопасно [5; 6].

И.Н. Ахвердов выполнил широкомасштабные исследования стойкости центрифугированного бетона напорных труб к коррозии. Для улучшения свойств бетона труб, а также снижения его проницаемости им предложен способ послойного центрифугирования. Этот способ ведет к большей однородности структуры бетона изделия по сечению [7; 8].

Крупномасштабные натурные испытания центрифугированных железобетонных опор и свай-оболочек были проведены под руководством С.В. Шестоперова и Ф.М. Иванова. По результатам их исследований выявлено появление сетки продольных волосяных трещин на наружной поверхности всех опор после 100 циклов замораживания и оттаивания, при это наблюдается шелушение растворной части бетона с внутренней поверхности.

Для повышения морозостойкости бетона железобетонных центрифугированных свай-оболочек, были проведены исследования влияния воздухововлекающих и комплексных добавок. Наибольшую морозостойкость продемонстрировал центрифугированный бетон с воздухововлекающей добавкой, выдержавший 2300 циклов. В ряде работ сравнивалась морозостойкость бетонов, отформованных вибрированием и центрифугированием [9–11].

Много практического материала было собрано при обследованиях эксплуатирующихся центрифугированных железобетонных опор линий электропередачи, контактной сети, проведенных институтами «Энергосетьпроект», «Оргэнергострой», ЦНИИС и другими, а также свай-оболочек, выполненных ЦНИИС, Балтгидроморстроем, МИСИ, Одесским ИИМФ и другими.

В частности, большой интерес представляют данные натурных обследований стоек ЛЭП, эксплуатирующихся в сухом жарком климате и сильноагрессивной окружающей среде в Западной Туркмении, проведенных Северо-Западным отделением института «Энергосетьпроект» [5; 6].

В Днепропетровском и Вильнюсском инженерно-строительных институтах под руководством В.М. Баташева и А.П. Кудзиса [12; 13] были проведены испытания опытных образцов центрифугированного бетона на морозостойкость в лабораторных условиях. Попеременному замораживанию и оттаиванию подвергались образцы кольцевого сечения диаметром 260 мм и высотой 260 мм, отформованные на трехроликовой центрифуге, толщина стенки составляла 30–50 мм. Был сделан вывод, что призмы не выдержали 100 циклов замораживания и оттаивания в соответствии с требованиями ГОСТ 10060 [5; 6; 12; 13].

Методологический подход к изучению и повышению морозостойкости железобетонных конструкций, разработанный Ф.М. Ивановым, предполагает рассмотрение процессов, происходящих в железобетонной конструкции при циклах замораживания-оттаивания, с учетом различий в процессах и действующих факторах на разных уровнях сложности структуры железобетона.

Ввиду того, что основной структурный элемент бетона – цементный камень – является капиллярно-пористым телом с химически активной поверхностью, намечены четыре уровня сложности структуры железобетона: атомно-молекулярный, первичные кристалло-аморфные частицы, бетон и железобетонные конструкции. На 1-ом уровне проявляются и изучаются

соответствующими методами химические свойства материала, на 2-ом – свойства, определяемые свойствами поверхности твердой фазы, на 3-ем – особенности поровой структуры и свойства от нее зависящие. При переходе к 4-му уровню появляются новые влияющие параметры – степень массивности и форма конструкции, армирование и другие, которые также влияют на ее стойкость. При рассмотрении свойств железобетонной конструкции необходимо учитывать напряженное состояние бетона и арматуры, их взаимодействие, наличие температурных полей и полей напряжений.

Величина разрушающей силы при замораживании материала в водонасыщенном состоянии определяется объемом и структурой пор в материале (3-ий уровень сложности), а сопротивляемость материала зависит от его прочности и деформативности (2-ой и 3-ий уровни сложности). Сопоставляя эти параметры, можно оценить степень морозостойкости бетона [9; 10].

Исследования морозостойкости железобетонных конструкций (4-ый уровень сложности) показали, что на этом уровне способность сопротивляться действию переменных температур зависит от распределения напряжений и температурных полей, однородности бетона в конструкции, условий, возникающих в результате анизотропии бетона, а также разницы в свойствах бетона и стали, то есть факторов, специфичных для 4-го уровня сложности структуры.

Проблема обеспечения стойкости железобетонных конструкций при замораживании-оттаивании решается как технологическими мероприятиями (состав, добавки, режим формования и другими), формирующими структуру пор бетона, отличающуюся высокой морозостойкостью при одновременно высокой прочности, так и мерами конструктивного характера (геометрия, армирование) [9; 10].

На морозостойкость центрифугированных конструкций, кроме того, оказывают влияние особенности, связанные со спецификой формования [5; 6].

Авторами был проведен ряд экспериментальных исследований, целью которых явилось выявление зависимости таких характеристик бетона как прочность при сжатии, морозостойкость, водонепроницаемость от технологии получения таких бетонов. При этом проверялось также влияние исходного состава, запроектированного под определенный класс бетона по номинальному ряду.

Исследовались два вида технологии: вибрирование и центрифугирование.

Экспериментальные составы были представлены шестью классами бетона: В15, В20, В25, В30, В35, В40. Составы подбирались в соответствии с ГОСТ 27006-86.

Образцы изготавливались в виде кубов. Вибрированные образцы формовались на виброплощадке. Центрифугированные образцы изготавливались выпиливанием из стенки образца кольцевого сечения, полученного центробежным уплотнением бетонной смеси [14–19].

Результаты, полученные в ходе экспериментальных исследований, представлены в таблицах 1–6 и на рисунках 1–6.

Таблица 1

Результаты испытаний опытных образцов на экспериментальном составе В15

№ п/п	Вид технологии	Прочность на сжатие, МПа	Морозостойкость	Водонепроницаемость
1	Вибрирование	16,3	F75	W4
2	Центрифугирование	18,5	F75	W4

Составлено авторами

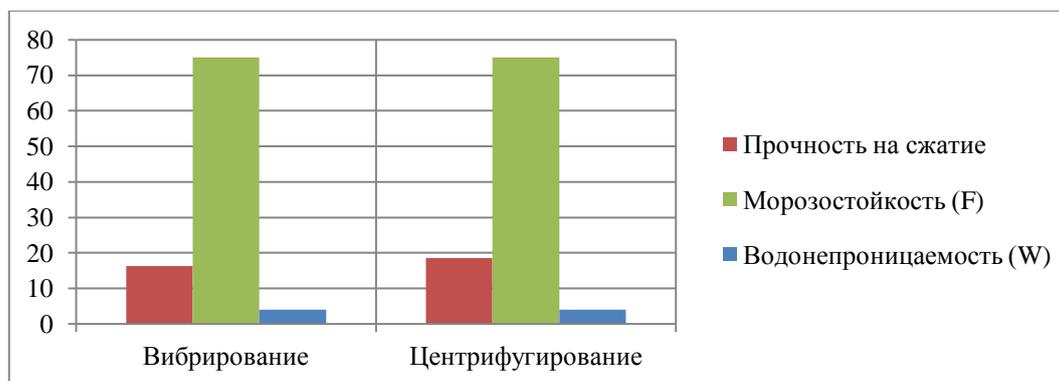


Рисунок 1. Результаты испытаний опытных образцов на экспериментальном составе B15 (составлено авторами)

Таблица 2

Результаты испытаний опытных образцов на экспериментальном составе B20

№ п/п	Вид технологии	Прочность на сжатие, МПа	Морозостойкость	Водонепроницаемость
1	Вибрирование	22,1	F75	W4
2	Центрифугирование	24,8	F100	W6

Составлено авторами

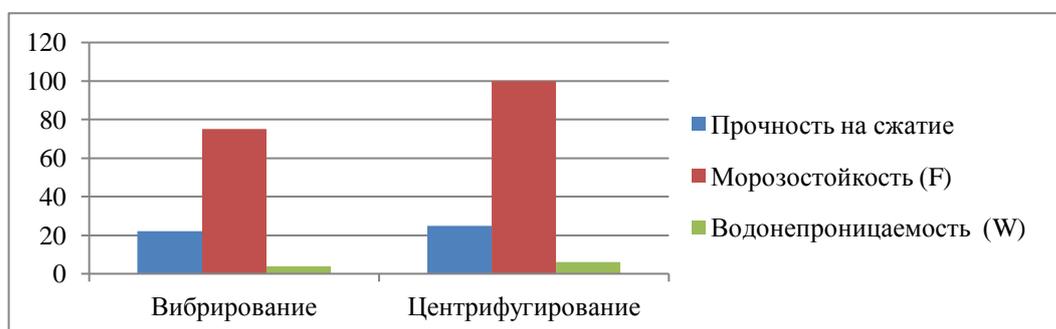


Рисунок 2. Результаты испытаний опытных образцов на экспериментальном составе B20 (составлено авторами)

Таблица 3

Результаты испытаний опытных образцов на экспериментальном составе B25

№ п/п	Вид технологии	Прочность на сжатие, МПа	Морозостойкость	Водонепроницаемость
1	Вибрирование	27,1	F100	W4
2	Центрифугирование	30,2	F150	W6

Составлено авторами

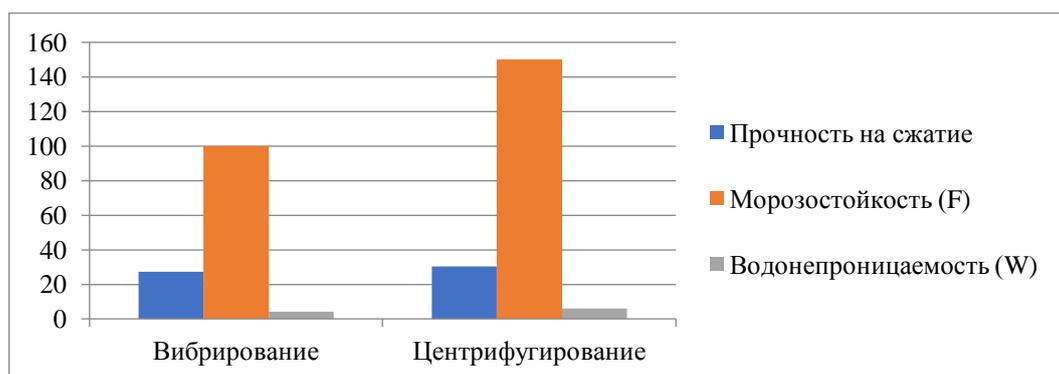


Рисунок 3. Результаты испытаний опытных образцов на экспериментальном составе B25 (составлено авторами)

Таблица 4

Результаты испытаний опытных образцов на экспериментальном составе В30

№ п/п	Вид технологии	Прочность на сжатие, МПа	Морозостойкость	Водонепроницаемость
1	Вибрирование	32,3	F100	W6
2	Центрифугирование	36,4	F150	W8

Составлено авторами

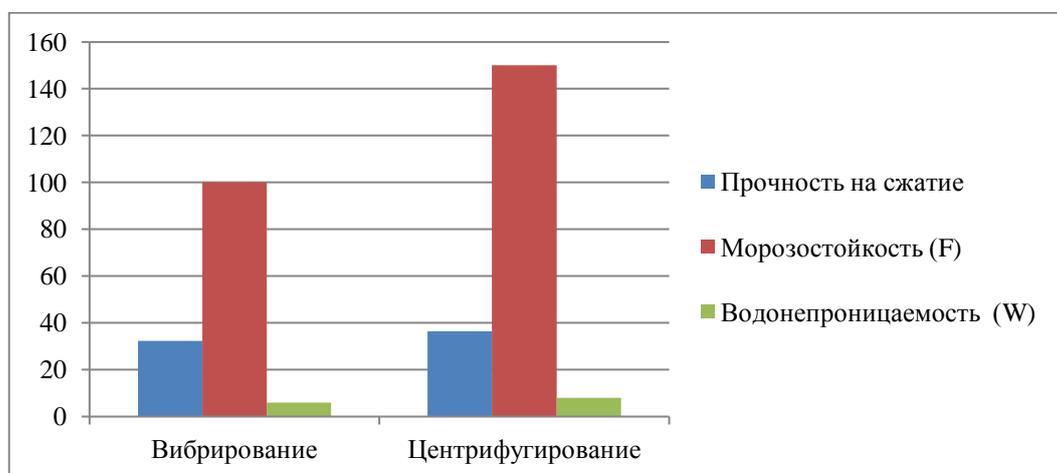


Рисунок 4. Результаты испытаний опытных образцов на экспериментальном составе В30 (составлено авторами)

Таблица 5

Результаты испытаний опытных образцов на экспериментальном составе В35

№ п/п	Вид технологии	Прочность на сжатие, МПа	Морозостойкость	Водонепроницаемость
1	Вибрирование	38,6	F150	W6
2	Центрифугирование	42,7	F200	W8

Составлено авторами

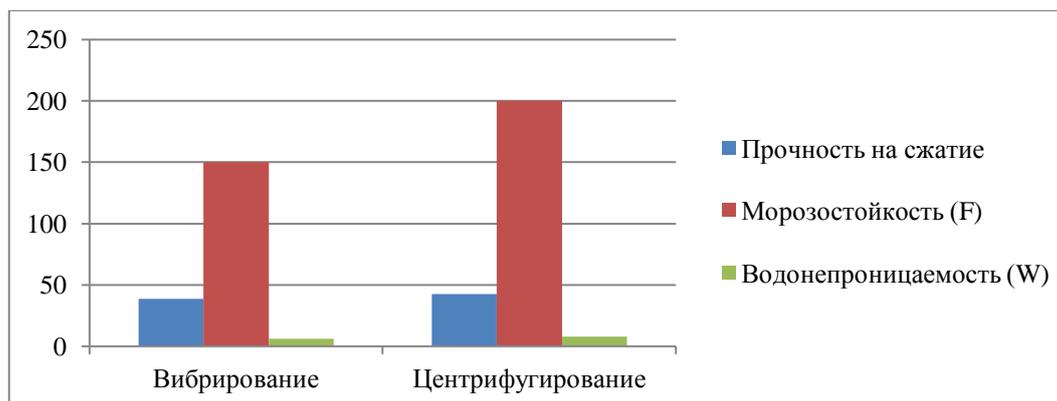


Рисунок 5. Результаты испытаний опытных образцов на экспериментальном составе В35 (составлено авторами)

Таблица 6

Результаты испытаний опытных образцов на экспериментальном составе В40

№ п/п	Вид технологии	Прочность на сжатие, МПа	Морозостойкость	Водонепроницаемость
1	Вибрирование	44,4	F200	W6
2	Центрифугирование	50,2	F300	W8

Составлено авторами

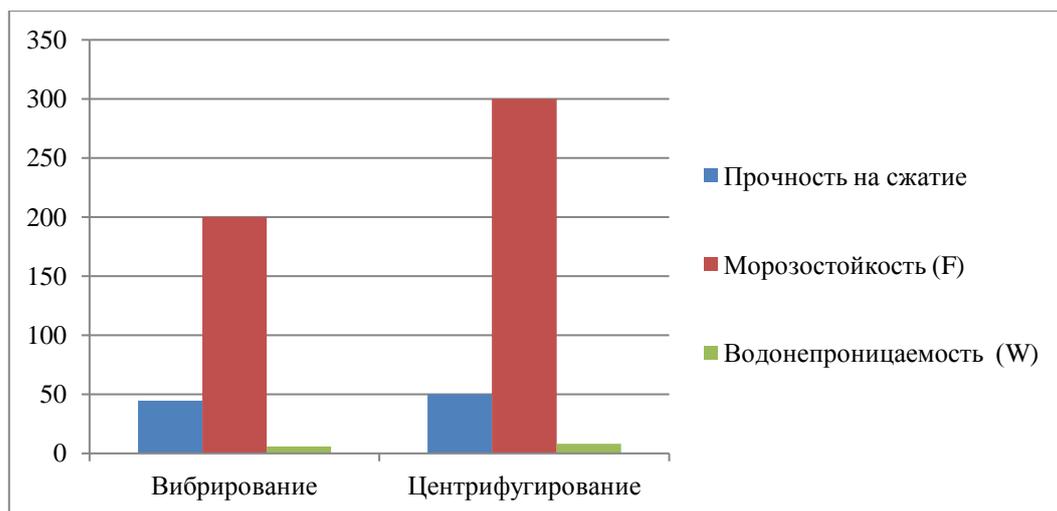


Рисунок 6. Результаты испытаний опытных образцов на экспериментальном составе В40 (составлено авторами)

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы.

Технология изготовления образца при прочих равных условиях оказывает влияние на его характеристики.

Центробежно уплотненный бетон в целом продемонстрировал лучшие показатели по сравнению с виброуплотненным.

При этом была выявлена следующая тенденция: при повышении класса исследуемого состава повышался прирост показателей центрифугированных образцов в сравнении с вибрированными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романенко Е.Ю. Высокопрочные бетоны с минеральными пористыми и волокнистыми добавками для изготовления длиномерных центрифугированных конструкций: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Ростов-на-Дону, 1989. 179 с.
2. 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.
3. Раджан Сувал Свойства центрифугированного бетона и совершенствование проектирования центрифугированных железобетонных стоек опор ЛЭП: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Ростов-на-Дону, 1997. 267 с.
4. Желтухина Л.И. Повышение коррозионной стойкости центрифугированного бетона: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Ростов-на-Дону, 1983. 198 с.
5. Леонович С.Н., Зикеев Л.Н. Долговечность центрифугированных железобетонных стоек. Обзорная информация. М.: Информэнерго, 1991. 64 с.
6. Леонович С.Н. Прочность, деформативность и трещиностойкость центрифугированных железобетонных элементов кольцевого сечения при циклическом замораживании и оттаивании: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. М, 1989. 24 с.
7. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. М.: Стройиздат, 1981. 464 с.

8. Ахвердов И.Н. Перспектива развития технологии производства центрифугированных железобетонных конструкций // Проблемы создания и применения центрифугированных железобетонных конструкций в строительстве. Минск: БелНИИНТИ. 1985. С. 9–11.
9. Иванов Ф.М. Долговечность железобетона в агрессивных средах. М.: Стройиздат, 1990. 320 с.
10. Передерева Э.К., Гладков В.С., Иванов Ф.М., Мазов Г.И. Центрифугированный бетон высокой морозостойкости с воздухововлекающими добавками // Гидротехническое строительство. 1971. № 3. С. 37–40.
11. Шестоперов С.В. Долговечность бетона. М.: Автотранспорт, 1960. С. 322–323.
12. Испытания центрифугированного бетона на морозостойкость. Отчет о НИР / ДИСИ; Руководитель В.М. Баташев: Днепропетровск, 1975. 96 с.
13. Определение рациональных решений центрифугированных стоек для условий низких температур: Отчет о НИР (заключит.) / ВИСИ; Руководитель А.П. Кудзис: Вильнюс, 1973. 177 с.
14. Холодняк М.Г., Стельмах С.А., Щербань Е.М., Нажуев М.П., Яновская А.В., Осадченко С.А. Механические свойства виброцентрифугированных бетонов с комбинированным заполнителем и волокнистой добавкой // Инженерный вестник Дона, 2018, № 3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5047.
15. Маилян Л.Р., Стельмах С.А., Холодняк М.Г., Щербань Е.М., Халюшев А.К. Влияние технологии производства на структурообразование и свойства бетона виброцентрифугированных колонн // Строительство и архитектура (2017), Том 5, Выпуск 4 (17). С. 224–228.
16. Маилян Л.Р., Стельмах С.А., Халюшев А.К., Холодняк М.Г., Щербань Е.М., Нажуев М.П. Совершенствование режимов формования центрифугированных бетонных изделий кольцеобразного сечения // Инженерный вестник Дона, 2018, № 2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4832.
17. Стельмах С.А., Щербань Е.М., Холодняк М.Г., Нажуев М.П., Тароян А.Г., Чебураков С.В. Сравнение влияния армирования фибровыми волокнами различных видов на свойства центрифугированных и вибрированных изделий из тяжелого бетона класса В20 // Инженерный вестник Дона, 2018, № 4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5212.
18. Стельмах С.А., Щербань Е.М., Холодняк М.Г., Нажуев М.П., Тароян А.Г., Яновская А.В. Сравнение влияния армирования фибровыми волокнами различных видов на свойства центрифугированных и вибрированных изделий из тяжелого бетона класса В35 // Инженерный вестник Дона, 2018, № 4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5213.
19. Стельмах С.А., Щербань Е.М., Насевич А.С., Нажуев М.П., Тароян А.Г., Яновская А.В. Сравнение влияния армирования фибровыми волокнами различных видов на свойства центрифугированных и вибрированных изделий из тяжелого бетона класса В50 // Вестник Евразийской науки, 2018, №5 URL: esj.today/PDF/29SAVN518.pdf.

Shchutskiy Viktor Luk'yanovich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: vikluk75@mail.ru

Stel'makh Sergey Anatol'evich

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

Nasevich Alina Sergeevna

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: x609km@mail.ru

Shcherban' Evgeniy Mikhaylovich

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

Ediger Vladimir Viktorovich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: zoomer95@list.ru

Ignat'eva Irina Yur'evna

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: marign1@rambler.ru

**The study of the dependence of some
physico-mechanical characteristics and indicators
of the durability of heavy concrete on the type
of technology for their production**

Abstract. The actual direction in the construction science is the improvement of the technology of reinforced concrete products and structures in order to improve their operational characteristics. A number of Russian scientists conducted studies of the durability of centrifuged reinforced concrete structures. A literature review has been carried out, studies are described on centrifugally compacted concrete and their strength and durability. Analysis of numerous experimental and theoretical studies confirms the complexity and ambiguity of the effect of low temperatures of non-saturated reinforced concrete. Physical heterogeneity of concrete, as well as concrete and steel, led to the emergence of a temperature-charged state, which, under certain conditions, is able to intensify the process of reducing the resistance of materials to force. The problem of ensuring the durability of reinforced concrete structures during freezing and thawing is solved as technological measures (concrete composition, chemical additives, molding mode, etc.) that form the porous structure of concrete, which is characterized by high frost resistance at the same time high strength, and constructive measures (rational section geometry, reinforcement, etc.). Under the joint action of operating loads, negative temperature and periodic moistening, such redistribution of efforts between concrete and reinforcement in a reinforced concrete structure should be achieved, which would help to preserve its bearing capacity during the design life in harsh conditions. The frost resistance of centrifuged structures is influenced by features associated with the specificity of molding. A number of experimental studies were carried out, the purpose of which was to identify the dependence of such characteristics of concrete as compressive strength, frost resistance, water resistance on the technology for producing such concrete. At the same time, the influence of the initial composition, designed for a certain class of concrete in the nominal row, was also checked.

Keywords: centrifuged concrete; vibrated concrete; durability of concrete structures; frost resistance; water resistance; compressive strength; the nominal class of concrete