

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/54SAVN319.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Доценко Н.А., Чернильник А.А., Щербань Е.М., Стельмах С.А., Онищук М.И., Шелковский П.Е. Анализ эксплуатационных факторов, влияющих на долговечность центрифугированных железобетонных изделий и конструкций // Вестник Евразийской науки, 2019 №3, <https://esj.today/PDF/54SAVN319.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Dotsenko N.A., Chernil'nik A.A., Shcherban' E.M., Stel'makh S.A., Onishchuk M.I., Shelkovskiy P.E. (2019). Analysis of operational factors affecting the durability of centrifuged concrete products and structures. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 3(11). Available at: <https://esj.today/PDF/54SAVN319.pdf> (in Russian)

УДК 691

ГРНТИ 67.09.33

Доценко Наталья Александровна

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Студент
E-mail: natalya_1998_dotsenko@mail.ru

Чернильник Андрей Александрович

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

Щербань Евгений Михайлович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Доцент кафедры «Инженерной геологии, оснований и фундаментов»
Кандидат технических наук
E-mail: au-geen@mail.ru

Стельмах Сергей Анатольевич

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Доцент кафедры «Инженерной геологии, оснований и фундаментов»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: sergej.stelmax@mail.ru

Онищук Максим Игоревич

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Магистрант
E-mail: onismax96@mail.ru

Шелковский Павел Евгеньевич

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

**Анализ эксплуатационных факторов, влияющих
на долговечность центрифугированных железобетонных
изделий и конструкций**

Аннотация. Опыт применения центрифугированных изделий и конструкций показывает их высокую эффективность, технологические и эксплуатационные преимущества по сравнению с вибрированными. Однако имеются данные различных литературных источников, свидетельствующие о часто встречающихся случаях снижения долговечности и стойкости всех номенклатурных видов такой строительной продукции.

Температурные воздействия окружающей среды приводят к появлению температурных напряжений как в бетоне – по толщине стенки и ее длине, так и в арматуре каркаса. Воздействия солнечной радиации, холодных ветров и осадков также вызывают изменение температуры опоры, что приводит к появлению напряжений в поверхностных слоях бетона по длине окружности поперечного сечения. На опору большое влияние оказывают колебания температуры грунта, где установлена опора.

Проведен анализ литературы. Подробно рассмотрены и проанализированы эксплуатационные факторы, влияющие на долговечность центрифугированных железобетонных изделий и конструкций.

Анализ научной литературы позволяет считать, что в процессе службы опор в центрифугированных стойках, контактирующих с агрессивной средой, всегда существуют условия для развития коррозии. В период эксплуатации стойки испытывают: статические нагрузки от веса цепи, предварительного натяжения арматуры; динамические нагрузки от ветра; колебания от температуры окружающей среды; агрессивные воздействия на материал опор водной и газовой сред.

Все перечисленные факторы оказывают негативное влияние на опору. Длительное воздействие и их неблагоприятное сочетание приводит к снижению несущей способности и долговечности опор.

Таким образом, вопрос исследования факторов, влияющих на долговечность центрифугированных железобетонных изделий и конструкций и повышении их эксплуатационных характеристик является актуальным.

Вклад авторов.

Доценко Наталья Александровна – автор осуществил написание статьи.

Чернильник Андрей Александрович – автор одобрил окончательную версию статьи перед ее подачей на публикацию.

Щербань Евгений Михайлович – автор осуществил написание статьи.

Стельмах Сергей Анатольевич – автор собрал, проанализировал и интерпретировал материал для статьи.

Онищук Максим Игоревич – автор оказывал участие при оформлении статьи.

Шелковский Павел Евгеньевич – автор оказывал участие при оформлении статьи.

Ключевые слова: долговечность; железобетонные изделия; железобетонные конструкции; центрифугирование; морозостойкость; неоднородность бетона; вариатропия

Опыт применения центрифугированных изделий и конструкций показывает их высокую эффективность, технологические и эксплуатационные преимущества по сравнению с вибрированными [1–4]. Однако имеются данные различных литературных источников, свидетельствующие о часто встречающихся случаях снижения долговечности и стойкости всех номенклатурных видов такой строительной продукции, в частности центрифугированных стоек опор контактной сети и ЛЭП, в которых после их установки и некоторого срока

эксплуатации в условиях сурового климата возникали трещины, не предусмотренные при расчетах конструкций [5–8].

Характеризует, в частности, долговечность таких строительных конструкций как железобетонные стойки опор ЛЭП и контактной сети, морозостойкость бетона – один из основных показателей. Особый научный интерес вызывает показатель морозостойкости бетона и изделий и конструкций из него, полученных методом центрифугирования.

Таким образом, вопрос исследования факторов, влияющих на долговечность центрифугированных железобетонных изделий и конструкций и повышении их эксплуатационных характеристик является актуальным [9–12].

Следует выделить две основные группы таких факторов – рецептурно-технологические и эксплуатационные.

Центрифугированный бетон нашел широкое применение при изготовлении стоек опор высоковольтных линий электропередачи, контактной сети, труб, свай и других изделий с замкнутым контуром в сечении. Опыт эксплуатации опор для линий электропередачи показал достаточную эффективность стоек в сооружении, благодаря их высокому качеству и прочности центрифугированного бетона [13–16].

Плановые обследования состояния опор и оценка долговечности линии выполнялись ЦНИИ МПС (Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований железнодорожного транспорта МПС России), Северо-Западным отделением института «Энергосетьпроект» и Отраслевой лабораторией Ростовского инженерно-строительного института. В процессе обследования обнаружены случаи снижения уровня качества стоек вследствие уменьшения стойкости бетона. Проведенные натурные наблюдения позволили определить удельный вес опор, замененных по различным причинам, классифицировать основные виды внешних воздействий, приводящих к снижению стойкости опор [6].

На долговечность центрифугированных конструкций оказывают влияние особенности, связанные со спецификой формования, то есть рецептурно-технологические факторы [17–20].

Рассмотрим более подробно эксплуатационные факторы.

Большой фактический материал собран при обследованиях эксплуатирующихся центрифугированных железобетонных опор линий электропередачи, контактной сети, проведенных институтами «Энергосетьпроект», «Оргэнергострой», ЦНИИС (Центральный научно-исследовательский институт связи), а также свай-оболочек, выполненных ЦНИИС, Балтгидроморстроем, МИСИ (Московский инженерно-строительный институт), Одесским институтом инженеров морского флота и другими.

Повреждения центрифугированного бетона стоек наблюдались при эксплуатации опор в районах с высокоминерализованными грунтовыми водами. Наиболее интенсивные разрушения зарегистрированы в ряде районов Средней Азии. В Туркмении и Таджикистане случаи отказа отмечены через несколько лет с начала эксплуатации.

В частности, большой интерес представляют данные натурных обследований центрифугированных железобетонных стоек линии электропередачи, эксплуатирующихся в условиях сухого жаркого климата и сильноагрессивной окружающей среды в Западной Туркмении, проведенных Северо-Западным отделением института «Энергосетьпроект». Климат района характеризуется резкой континентальностью и засушливостью. Абсолютные амплитуды колебания температуры воздуха достигают 65 °С, суточные изменения – до 30 °С. Абсолютный максимум температуры на поверхности почвы везде превышает 70 °С. Грунты сильно засолены, вместе с тем здесь значительны запасы подземных вод, лежащих на

небольших глубинах. Грунтовые воды минерализованы до рассолов. Общее количество опор с дефектами, требующее ремонта или замены, составляет 41 %. Распределение трещин по высоте стоек неравномерное.

Температурные воздействия окружающей среды приводят к появлению температурных напряжений как в бетоне – по толщине стенки и ее длине, так и в арматуре каркаса.

Воздействия солнечной радиации, холодных ветров и осадков также вызывают изменение температуры опоры, что приводит к появлению напряжений в поверхностных слоях бетона по длине окружности поперечного сечения.

На опору большое влияние оказывают колебания температуры грунта, где установлена опора.

В «Классификации дефектов консольных железобетонных опор и фундаментов металлических опор контактной сети» указывается, что в основном разрушение стоек опор происходит главным образом в результате электрокоррозии, атмосферных воздействий и грунтовой коррозии. Статистические данные показывают, что основной причиной замены опор является повреждение фундаментных частей вследствие грунтовой коррозии.

Северо-Западным отделением института «Энергосетьпроект» отмечены случаи коррозии комлевой части стоек опор в ряде районов Белоруссии. Причиной их явилось наличие в грунтовых болотных водах гуминовых кислот, обладающих агрессивным действием по отношению к цементному камню.

Характерным для грунтовой коррозии является разрушение бетона части стойки на расстоянии приблизительно в 0,5 м над уровнем земли. В стойке опоры, частично заглубленной в грунт, происходит миграция грунтовых вод в сторону испаряющей поверхности и накопление солей в поверхностном слое. При определенной концентрации их в бетоне возникают значительные напряжения, приводящие к разрушению материала.

Одним из факторов, влияющих на интенсивность коррозионных процессов, является влажностопробитость бетона, определяемая его структурой [6].

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.

Причиной интенсивного коррозионного разрушения центрифугированного бетона в заменяемых стойках является сочетание сложного напряженного состояния центрифугированного бетона с агрессивным воздействием. В процессе службы опор в стойках формируются нестационарные температурные и влажностные поля, приводящие к напряженно-деформированному состоянию бетона, изменяемому во времени.

Формирование нестационарных полей в центрифугированном бетоне происходит под воздействием: солнечной радиации, температуры воздуха, направления и скорости ветра, осадков, микрорельефа, времени [5].

При значительных перепадах влажности среды бетон в полости стойки также будет характеризоваться различным водосодержанием: максимальное – в комле и минимальное – в верхней части. Неравномерная влажность бетона по длине опоры явится причиной влагопереноса.

Попеременное высыхание и увлажнение бетонной поверхности опор приводит к неравномерным деформациям. Значения этих напряжений зависят от перепада влажности подземной и наземной частей опоры.

Агрессивность окружающей среды сказывается в различной степени и зависит от материалов, из которых изготовлена стойка опоры, ее антикоррозионного покрытия и других мероприятий.

Когда жидкая агрессивная среда контактирует с железобетонными опорами, ускоряется процесс коррозии арматуры. Задолго до полного разрушения бетона происходит существенное снижение его защитных свойств по отношению к арматуре.

При длительном воздействии электрокоррозии на арматуру вследствие выноса металла уменьшается диаметр и, как следствие, прочность стальной проволоки, а несущая способность стойки опоры значительно снижается.

Коррозия резко усиливается при наличии в атмосфере кислотных газов, способных при растворении в воде образовывать кислоты, а также хлористых солей.

Воздействие ветра на опоры и оборудование, смонтированное на них, увеличивает изгибающий момент. В случае же совместного воздействия ветра и гололеда изгибающий момент может превысить нормативное значение, и возникнет опасность падения опоры. Чем больше на опоре закреплено проводов, и чем выше они расположены, тем сильнее сказывается воздействие ветра, увеличивающего горизонтальную нагрузку на опору.

Анализ представленного выше материала позволяет считать, что в процессе службы опор в центрифугированных стойках, контактирующих с агрессивной средой, всегда существуют условия для развития коррозии. При этом коррозионное разрушение интенсифицируется при напряженно-деформированном состоянии материала в стойках опор, обусловленном особенностями конструкции опоры и наличием в изделии внутренней полости.

Повышение стойкости центрифугированных стоек может быть достигнуто за счет увеличения средней плотности внутренних зон бетона [6].

Итак, в период эксплуатации стойки испытывают: статические нагрузки от веса цепи, предварительного натяжения арматуры; динамические нагрузки от ветра; колебания от температуры окружающей среды; агрессивные воздействия на материал опор водной и газовой сред.

Все перечисленные факторы оказывают негативное влияние на опору. Длительное воздействие и их неблагоприятное сочетание приводит к снижению несущей способности и долговечности опор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонович С.Н., Зикеев Л.Н. Долговечность центрифугированных железобетонных стоек. Обзорная информация. М.: Информэнерго, 1991. 64 с.
2. Гончаров А.А., Лосев Л.Н. О причинах повреждений свай-оболочек в зоне переменного уровня воды и опыте работ по обеспечению их долговечности. Долговечность и опыт применения железобетонных свай-оболочек в морских ГТС. Тез. докл. научн. семинара. М., 1975. С. 24–28.
3. Курносоев А.И. Исследование целостности свайных фундаментов опор и разработка способов их защиты от разрушения в условиях Крайнего Севера: Отчет о НИР (заключит.). Л.: СЗО «Энергосетьпроект», 1976. 72 с.
4. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузеев Е.А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. М.: Стройиздат, 1960. 536 с.
5. Подольский В.И. Железобетонные опоры контактной сети. Конструкции, эксплуатация, диагностика. Труды ВНИИЖТ. М.: Интекст, 2007. 152 с.

6. Желтухина Л.И. Повышение коррозионной стойкости центрифугированного бетона: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Ростов-на-Дону, 1983. 198 с.
7. Запрудский А.А. Совершенствование методик оценки несущей способности железобетонных опор контактной сети магистральных электрических железных дорог: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Омск, 2011. 130 с.
8. Ахвердов И.Н. Железобетонные напорные центрифугированные трубы. М.: Стройиздат, 1967. 164 с.
9. Ахвердов И.Н. Вопросы теории центробежного формования и уплотнения бетонной смеси. – Республиканское научно-техническое совещание: Технология формования железобетонных изделий, 1979. С. 3–12.
10. Романенко Е.Ю. Высокопрочные бетоны с минеральными пористыми и волокнистыми добавками для изготовления длинномерных центрифугированных конструкций: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Ростов-на-Дону, 1989. 179 с.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. Маилян Л.Р., Стельмах С.А., Холодняк М.Г., Щербань Е.М. Выбор видов волокон для дисперсного армирования изделий из центрифугированного бетона // Наукоедение, 2017, №4 URL: naukovedenie.ru/PDF/71TVN417.pdf.
15. 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.
16. Маилян Л.Р., Стельмах С.А., Холодняк М.Г., Щербань Е.М. Исследование различных типов центрифуг и режимов уплотнения бетонных смесей для изготовления образцов кольцевого сечения // Вестник СевКавГТИ. 2017. №3 (30). С. 134–137.
17. 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.
18. Холодняк М.Г., Стельмах С.А., Маилян Л.Р., Щербань Е.М., Нажуев М.П. Изучение характера механизма дрейфа компонентов бетонной смеси при производстве центрифугированных колонн вариатропной структуры на примере физической модели движения заполнителей // Строительство и архитектура. 2017. Том 5. Выпуск 4 (17). С. 229–233.
19. Pooya Alaei, Bing Li. High-strength concrete exterior beam-column joints with high-yield strength steel reinforcements // Engineering Structures. 2017. Vol. 145. pp. 305–321.
20. 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. pp. 97–108.

Dotsenko Natal'ya Aleksandrovna

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: natalya_1998_dotsenko@mail.ru

Chernil'nik Andrey Aleksandrovich

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

Shcherban' Evgeniy Mikhaylovich

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

Stel'makh Sergey Anatol'evich

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

Onishchuk Maksim Igorevich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: onismax96@mail.ru

Shelkovskiy Pavel Evgen'evich

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

Analysis of operational factors affecting the durability of centrifuged concrete products and structures

Abstract. The experience of using centrifuged products and structures shows their high efficiency, technological and operational advantages in comparison with vibrated ones. However, there are data from various literary sources, indicating frequent occurrences of reduced durability and durability of all nomenclature types of such building products.

Temperature effects of the environment lead to the appearance of temperature stresses both in concrete – along the wall thickness and its length, and in the framework reinforcement. The effects of solar radiation, cold winds and precipitation also cause changes in the support temperature, which leads to the appearance of stresses in the surface layers of concrete along the circumference of the cross section. The support is greatly influenced by fluctuations in the temperature of the soil where the support is installed.

The analysis of the literature. The operational factors affecting the durability of centrifuged reinforced concrete products and structures are reviewed and analyzed in detail.

Analysis of the scientific literature suggests that in the course of the service of supports in centrifuged racks in contact with aggressive media, there are always conditions for the development of corrosion. During the period of operation, the racks are tested: static loads from the weight of the chain, pre-tensioning of the reinforcement; dynamic loads from the wind; fluctuations in ambient temperature; aggressive effects on the material supports water and gas environments.

All of these factors have a negative impact on the support. Prolonged exposure and their unfavorable combination leads to a decrease in the bearing capacity and durability of the supports.

Thus, the question of studying the factors affecting the durability of centrifuged reinforced concrete products and structures and improving their performance is relevant.

Keywords: durability; reinforced concrete products; reinforced concrete structures; centrifugation; frost resistance; concrete heterogeneity; variotropy