

УДК 691.33

Барашкова Валерия Михайловна, студент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. г. Санкт-Петербург.

Боровкова Анна Сергеевна, студент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. г. Санкт-Петербург.

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

В статье рассматривается возможность повышения долговечности бетонов, при введении в состав наноцеллюлозы. Проведены экспериментальные исследования о влиянии добавки наноцеллюлозы на морозостойкость бетонов, прочность, истираемость, при нестандартном подходе к проведению испытаний. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о возможности управления структурой бетона при использовании наноцеллюлозы и повышения долговечности цементобетонных конструкций.

Abstract in Russian: This article examines the possibility of increasing the durability of concrete by introducing nanocellulose. Experimental studies were conducted on the effect of nanocellulose additives on concrete frost resistance, strength, and abrasion resistance using a non-standard testing approach. The obtained experimental data demonstrate the possibility of controlling the concrete structure using nanocellulose and increasing the durability of cement concrete structures

Ключевые слова: цементобетонные покрытия, долговечность, морозостойкость, истираемость.

Keywords: cement concrete pavements, durability, frost resistance, abrasion resistance.

Эксплуатация цементобетонных покрытий в Российской Федерации сопровождается воздействием ряда природных и техногенных факторов таких как:

1. Климатические и атмосферные факторы: В климатических условиях Российской Федерации большая часть дорожного полотна эксплуатируется в условиях продолжительного контакта с влагой. Природные осадки, такие как дождь и снег, непосредственно воздействуют на покрытие, вызывая его разрушение, связанное с деструктивными процессами в связи с выщелачиванием.

2. Температурные колебания: Циклическое замораживании и оттаивании (переход температуры через 0°C) изменяется агрегатное состояние воды, которое напрямую влияет на капиллярно - пористую структуру бетона, сокращая сроки эксплуатации покрытий.

3. Механические и транспортные нагрузки: Воздействие шипованных шин, в зимнее время года, приводит к истиранию поверхности покрытия и снижению толщины слоя, что приводит к образованию коллейности и снижению уровня безопасности дорожного движения.

3. Химические воздействия: Применение противогололедных реагенты, проникающих в структуру покрытия и вызывающих химическую коррозию цементного камня, приводят разрыхлению структуры бетона, и как следствие снижению долговечности цементобетонных покрытий.

Эксплуатация дорожных покрытий представляет собой совокупность негативных воздействий вышеприведенных факторов, что оказывает значительное разрушение, чем учет их действия по отдельности. Действующая нормативная техническая база предлагает рассматривать влияние агрессивных факторов независимо друг от друга, что не отражает реальных условий эксплуатации. Необходимость создания структуры бетона в условиях более жестких испытаний является актуальной задачей в современных условиях.

Основная проблема действующих нормативно-технический документации заключается в отсутствии учета совместной работы

агрессивных факторов на дорожные покрытия, что не отражает реальных эксплуатационных условий. Действующие стандарты по оценке свойств бетона на морозостойкость, истираемость, водопоглощение [1,2,3] регламентируют испытания на отдельные виды воздействующих факторов. Однако, в реальных эксплуатационных условиях дорожные конструкции подвергаются комплексному воздействию климатических, механических и химических нагрузок.

В целях повышения долговечности цементобетонных покрытий было произведено экспериментальное исследование оценки свойств бетонов по плотности и водопоглощению, испытаниям на морозостойкость, прочность и истираемость, при сравнении двух составов, изготовленных с применением nanoцеллюлозы и без нее. Эффективность применения nanoцеллюлозы на прочность и долговечность цементного камня и композитов на его основе рассмотрена во многих работах [4,5,6]. Составы приведены в таблице 1.

Таблица 1. Составы бетонов

Наименование материала	Расход компонентов на 1 м ³ , кг	
	Состав №1	Состав №2
Цемент	400	400
Щебень гранитный	1040	1040
Песок кварцевый	800	800
Добавка пластифицирующая	4	4
Вода	128	112,5
Наноцеллюлоза	–	15,2

Для изготовления бетонной смеси были использованы следующие материалы: портландцемент Сланцевского цементного завода класса ЦЕМ I 42.5Н по ГОСТ 31108–2020, песок кварцевый, средний с модулем крупности $M_k = 2,21$, рядовой гранитный щебень фракции 5–20 мм. Кроме того, в смесь была введена пластифицирующая добавка на основе эфира поликарбоксилата и nanoцеллюлоза в виде суспензии.

Составы бетонов были разделены на 4 серии: 2 серии (с наноцеллюлозой и без неё) контрольных образцов твердели в нормальных условиях в течение 28 суток при температуре при температуре $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ и влажности воздуха $95\pm 5\%$ (в соответствии с требованиями ГОСТ 70362–2022), а 2 серии (с наноцеллюлозой и без неё) после 7 суток нормального твердения подвергались испытаниям попеременному увлажнению и высушиванию в течение 55 суток, по методике оценки атмосферостойкости: выдержка в воде в течение 15 часов, высушивание при температуре 105°C в течение 8 часов, остывание в течение 1 часа [7].

Все серии образцов подвергались определению плотности, результаты которых приведены в табл. 2

Таблица 2. Результаты определения средней плотности, $\text{кг}/\text{м}^3$

Условия твердения			
28 суток (нормальные условия)	7 суток (нормальные условия) + 55 суток (увлажнение и высушивание)	28 суток (нормальные условия)	7 суток (нормальные условия) + 55 суток (увлажнение и высушивание)
Состав №1 без наноцеллюлозы (контрольный)		Состав №2 с наноцеллюлозой	
2321	2174	2294	2241

Снижение плотности у образцов состава №1, твердеющих 7 суток и подвергавшихся температурно-влажностному воздействию более значительно чем образцов с наноцеллюлозой, твердеющих аналогично, свидетельствует об изменениях, происходящих на структурном уровне.

Ухудшение состояния структуры цементного камня, её плотности негативно отражается на водопоглощении образцов, результаты испытаний которых приведены в табл.3.

Таблица 3. Результаты определения водопоглощения, %

Условия твердения			
28 суток (нормальные условия)	7 суток (нормальные условия) + 55 суток (увлажнение и высушивание)	28 суток (нормальные условия)	7 суток (нормальные условия) + 55 суток (увлажнение и высушивание)
Состав №1 без наноцеллюлозы (контрольный)		Состав №2 с наноцеллюлозой	
3,30	5,59	3,26	3,61

Результаты испытаний по оценке водопоглощения подтверждаются, относительно испытаний образцов на плотность, что свидетельствует о положительном эффекте влияния наноцеллюлозы на данные показатели. Уменьшение плотности, увеличение водопоглощения значительно снижают морозостойкость бетона, испытания подтверждающие данное утверждение приведены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты измерения прочности образцов при замораживании и оттаивании, МПа

		Значения прочности Мпа, при замораживании и оттаивании при -50 ⁰ С – 300 циклов			
Состав №1 без наноцеллюлозы (контрольный)	28 суток (нормальные условия)	52	49	46	45
	7 суток (нормальные условия) + 55 суток (увлажнение и высушивание)	50	48	44	32
Состав №2 с наноцеллюлозой	28 суток (нормальные условия)	48	46	45	42
	7 суток (нормальные условия) + 55 суток (увлажнение и высушивание)	47	45	44	42

Как видно из таблицы марка по морозостойкости F₂₃₀₀ не подтверждается у состава №1, твердевшего 7 суток в нормальных условиях и подвергавшийся дальнейшему попеременному увлажнению и высушиванию. Потеря прочности при испытаниях образцов данной серии составила 32%. В связи с этим можно сделать вывод о положительном влиянии наноцеллюлозы на морозостойкость бетона, а также необходимость проведения испытаний в более жестких условиях, особенно при проектировании составов бетонов и принятии решений об их использовании на объектах строительства дорог с использованием цементобетонных покрытий.

Список литературы

1. ГОСТ 13087-2018 Бетоны. Методы определения истираемости.
2. ГОСТ 12730.0-2020 Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости.
3. ГОСТ Р 70363-2022 Дороги автомобильные общего пользования. Бетоны для устройства слоев оснований. Методы испытаний. Введ.14.10.2022. ФГУП Институт стандартизации 2022 С.29
4. Пухаренко Ю.В., Аубакирова И.У., Ткаченко В.И. Модификатор цементных композитов на основе наноцеллюлозы. // Промышленное и гражданское строительство. 2025. № 3. С. 5-11. DOI: 10.33622/08969-7019.2025.03.05-11.
5. Cao Y., Zavaterra P., Youngblood J., Moon R., Weiss J. The influence of cellulose nanocrystal additions on the performance of cement paste [Влияние добавок нанокристаллов целлюлозы на эксплуатационные характеристики цементного теста]. Cement and Concrete Composites, 2015, no. 56, pp. 73-83.
6. Хирхасова, В. И. Влияние наноцеллюлозы на процесс гидратации портландцемента и свойства бетона // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 5(82). С. 155-160. DOI: 10.23968/1999-5571-2020-17-5-155-160.

7. Лещинский М.Ю. Испытание бетона: справочное пособие. М., 1980.