

УДК 625.847

*ИСАКОВ АЛЕКСАНДР ЛЕОНИДОВИЧ, докт. техн. наук, профессор,  
mylab@ngs.ru*

*ОЛЕННИКОВ ВЛАДИМИР ДМИТРИЕВИЧ, аспирант,  
olennikovvd@bk.ru*

*Сибирский государственный университет путей сообщения,  
630049, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191,*

*АХМЕТОВ СОВЕТ АМАНГЕЛЬДЫЕВИЧ, начальник управления качества,  
ahmetov@nskavd.ru*

*ПРИБЫЛОВ ВЯЧЕСЛАВ СЕРГЕЕВИЧ, инженер  
по гарантийным обязательствам,*

*pribilov@nskavd.ru*

*ОАО «Новосибирскавтодор»,*

*630099, г. Новосибирск, ул. Каменская, 19*

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОФОБИЗИРУЮЩИХ ПРОПИТОК НА ПРОЧНОСТЬ ДОРОЖНЫХ ЦЕМЕНТОБЕТОНОВ**

Проведено лабораторное исследование по определению влияния гидрофобизирующих пропиток на прочностные характеристики дорожных цементобетонов. Определен эффект влияния таких пропиток на дорожное покрытие. Представлен сравнительный анализ показателей гидрофобизирующих пропиток различных производителей. Доказана целесообразность использования таких пропиток для предотвращения разрушения цементобетонного покрытия. На основании полученных результатов компанией ОАО «Новосибирскавтодор» гидрофобизирующие пропитки были апробированы при реконструкции автомобильной дороги Р-254 «Иртыш» в 2015 г.

**Ключевые слова:** физико-механические свойства цементобетона; гидрофобизирующие пропитки; зимнее содержание автомобильных дорог; испытание на морозостойкость; противогололедные материалы; дефекты цементобетонных покрытий, монолитные удерживающие ограждения парапетного типа.

*ALEKSANDER L. ISAKOV, DSc, Professor,  
mylab@ngs.ru*

*VLADIMIR D. OLENNIKOV, Research Assistant,  
olennikovvd@bk.ru*

*Siberian Transport University,*

*191, Koval'chuk Str., 630049, Novosibirsk, Russia,*

*SOVET A. AHMETOV, Head of Quality Management Department,  
ahmetov@nskavd.ru*

*VYACHESLAV S. PRIBYLOV, Warranty Policy Engineer,  
pribilov@nskavd.ru*

*ОАО 'Novosibirskavtodor'*

*19, Kamenskaya Str., 630099, Novosibirsk, Russia*

## EFFECT OF WATER-REPELLING AGENTS ON STRENGTH OF CEMENT CONCRETE

The paper presents investigations on water-repelling agents increasing the waterproofing properties of cement-concrete structures. The effect of these agents the strength of cement concretes is investigated. The comparative analysis is given for water-repelling agents from different providers. The feasibility is shown for using these agents to prevent fracture of cement concrete pavement. Based on these results, OAO 'Novosibirskavtodor' company applied these additives in the reconstruction of the road P-254 'Irtys' in 2015.

**Keywords:** mechanical-and-physical properties; water-repelling agents; winter road maintenance; frost resistance test; anti-icing materials; defects of cement-concrete pavements; solid holdings of parapet type.

### Введение

В настоящее время применение цементобетона в дорожной отрасли постоянно расширяется. Важнейшими свойствами этого материала является долговечность и прочность при правильной эксплуатации и своевременном уходе за цементобетонными конструкциями [1]. Ввиду суровых климатических условий нашей страны, постоянных перепадов температур, воздействия атмосферных осадков и ветра, воды и противогололедных материалов, применяемых для зимнего содержания автомобильных дорог, происходят процессы деструктуризации, и, как следствие, наблюдается снижение прочностных характеристик цементобетонных конструкций.

Цементобетон для строительства дорожных покрытий, удерживающих ограждений парапетного типа и других инженерных сооружений на автомобильных дорогах общего пользования должен обладать повышенными прочностными характеристиками, высокой морозостойкостью и низкой водопроницаемостью [2]. Все это позволяет заявлять о расчётном сроке службы не менее 25–30 лет для цементобетонных конструкций [3]. Однако с каждым годом в результате воздействия автомобильного транспорта, а также климатических факторов снижаются транспортно-эксплуатационные показатели покрытия на автомобильных дорогах, и вместе с этим снижается и уровень безопасности движения, возрастает риск дорожно-транспортных происшествий, снижается комфортность поездок. Эффективным способом повышения прочности, морозостойкости и водонепроницаемости дорожных покрытий из цементобетонов является использование гидрофобизирующих пропиток [4].

Цель исследования: выявление наиболее эффективных гидрофобизирующих пропиток по степени влияния на прочность дорожных покрытий из цементобетонов.

Для достижения поставленной цели необходимо было выполнить следующие задачи:

- выявить дефекты покрытия, возникающие при эксплуатации и содержании автомобильных дорог с цементобетонным покрытием и монолитных дорожных удерживающих ограждений парапетного типа;
- проанализировать существующие гидрофобизирующие пропитки;
- экспериментально исследовать степень влияния гидрофобизирующих пропиток на прочность и целостность дорожных цементобетонов;
- сравнить гидрофобизирующие пропитки различных производителей;

– определить экономическую эффективность использования таких пропиток.

В качестве примера «агрессивного» воздействия хлоридов можно привести участок автомобильной дороги «Северный обход» г. Новосибирска, соединяющий автомобильные дороги «Байкал» Р-254 «Иртыш» и Р-255 «Сибирь», введенный в эксплуатацию в 2011 г. Слой покрытия дороги выполнен в цементобетонном исполнении.

В результате использования хлорсодержащих реагентов в зимнее время для борьбы с зимней скользкостью в течение нескольких лет на дорожном покрытии стали появляться дефекты в виде трещин, шелушения, выкрашивания и выбоин (рис. 1 и 2).



Рис. 1. Выбоины на поверхности цементобетонного покрытия



Рис. 2. Шелушение поверхности цементобетонного покрытия вдоль деформационных швов

Еще одним примером разрушения поверхности цементобетонной конструкции является сборное дорожное ограждение парпетного типа, установленное в 2011 г. на Толмачевском шоссе г. Новосибирска. Дефекты блоков ограждения представлены на рис. 3.



*Рис. 3.* Шелушение поверхности блоков дорожного ограждения

Стоит отметить, что более сильному разрушению подвергается солнечная сторона ограждений. Это обуславливается частыми циклами замораживание-оттаивание в период с октября по апрель, когда устанавливаются отрицательные температуры и противогололедные материалы начинают губительно воздействовать на покрытие. Днем, в ясные дни, под воздействием солнечной радиации ледяная корка на покрытии начинает оттаивать, и хлориды проникают вглубь конструкции, ночью же вода замерзает, увеличиваясь в объеме (до 9 %), что приводит к постепенному разрушению поверхности.

Имеется множество способов повысить гидроизоляционные свойства конструкций, а вместе с этим их морозостойкость. В настоящее время существует ряд гидрофобизирующих пропиток от различных производителей, с помощью которых достигается повышенная стойкость цементобетон к процессам деструктуризации, воздействию различных сред, особенно органических кислот и минерализованной воды [5]. В настоящей статье подробно рассмотрены гидрофобизирующие пропитки, а также эффект их воздействия на цементобетон.

Гидрофобизирующие пропитки, на сегодняшний день, являются самым современным технологичным методом защиты цементобетонных конструкций от агрессивного воздействия окружающей среды [6]. Основные преимущества и особенности данного вида материалов следующие:

– срок службы цементобетонных конструкций увеличивается за счет создания гидроизоляционного слоя [7];

- нет жестких требований к условиям применения растворов (нет необходимости просушивать цементобетон, пропитка наносится на только что затвердевшую цементобетонную смесь и т. д.) [8];
- обладает свойством «самозалечивания» сквозных трещин, пор и других эффектов, появляющихся со временем на всех цементобетонных конструкциях при эксплуатации, с их раскрытием до 0,5 мм (рост кристаллов возобновляется при просачивании воды в поры конструкции) [9];
- увеличение водонепроницаемости цементобетона [10].

### Экспериментальная часть

Проведение лабораторного исследования было разделено на несколько этапов. На первом этапе изготавливались контрольные цементобетонные образцы. Материал для приготовления образцов отбирался с цементно-бетонного завода ELVA EBCB 180 на объекте реконструкции автомобильной дороги Р-254 «Иртыш» Омск – Новосибирск.

Основные проектные свойства бетона следующие:

- класс по прочности на сжатие – В35;
- марка по морозостойкости – F200;
- объем вовлеченного воздуха –  $(6,0 \pm 1,0) \%$ ;
- наибольшая крупность щебня – 20,0 мм;
- температура бетонной смеси при выпуске –  $(20,0 \pm 3,0) ^\circ\text{C}$ .

Физико-механические свойства бетонной смеси:

- удобоукладываемость – 2,5 см;
- средняя плотность –  $2460 \text{ кг/м}^3$ ;
- объем вовлеченного воздуха – 5,8 %;
- предел прочности при сжатии (28 сут) – 57,1 МПа;
- морозостойкость (по 3-му ускоренному методу) – 48,8 МПа.

Расход материалов на  $1 \text{ м}^3$  бетона:

- щебень фр. 5–20 – 1089 кг (44,2 %);
- песок средней крупности – 788 кг (32,0 %);
- цемент ПЦ М500-ДО-Н – 429 кг (17,4 %);
- вода – 153 кг (6,2 %);
- пластификатор Sika ViscoCrete 3180 – 2,1 кг (0,08 %);
- воздухововлекающая добавка Sika Air 200S – 0,3 кг (0,012 %).

Образцы изготавливались в специальных формах с размерами ребер  $100 \times 100 \times 100$  мм согласно ГОСТ 22685 «Формы для изготовления контрольных образцов бетона. Технические условия». Уплотнение цементобетонной смеси производилось на вибростоле в течение двух минут, затем бетон в формах помещался в камеру нормального твердения с температурой воздуха плюс  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$  и относительной влажностью  $(95 \pm 5) \%$  согласно ГОСТ 10080 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».

Извлечение цементобетонных образцов из форм проводилось через двое суток после набора минимальной прочности бетона. Затем образцы выдерживались в полевой камере нормального твердения в течение 26 сут. На рис. 4 представлена полевая камера нормального твердения для набора прочности цементобетонных образцов.



Рис. 4. Хранение цементобетонных образцов в полевой камере нормального твердения

После набора 100%-й прочности производились геометрические замеры образцов, определялась масса в сухом и водонасыщенном состоянии, фиксировались дефекты (сколы, отшелушивание и т. д.). Образцы, имеющие сколы, пустоты или массу, значительно отличающуюся от средней, утилизировались.

После этого образцы обрабатывались гидрофобизирующими пропитками различных марок: Радуга-018, Геркулес АкваСтоп, Аква-Стоп Гидротэкс, Силор-Ультра КМ, Masterseal H303, C2 Hard. Каждой пропиткой обрабатывалось по 6 бетонных образцов. После высыхания образцы помещались в воду с температурой  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$  на 3 ч. После извлечения из воды производился замер массы каждого образца, далее по принятой формуле подсчитывалась степень водонасыщения образцов (рис. 5):

$$W = \frac{G_1 - G}{G} 100,$$

где  $W$  – степень водонасыщения, %;  $G$  – первоначальная масса образца, г;  $G_1$  – масса образца после насыщения водой, г.

На основе полученных данных о степени водонасыщения можно сделать вывод о том, что образцы, обработанные гидрофобизирующими пропитками марок Silor-Ultra КМ и Masterseal H303, менее всего подвержены воздействию минерализованной воды.

На втором этапе проводилось испытание образцов на морозостойкость. Циклы замораживание-оттаивание проводились согласно ГОСТ 10060 «Бетоны. Методы определения морозостойкости» по второму базовому методу (F2) для дорожных и аэродромных покрытий, а также цементобетонных конструкций, подверженных действию минерализованной воды.

Заключительным этапом исследования являлось определение прочностных характеристик цементобетонных образцов.

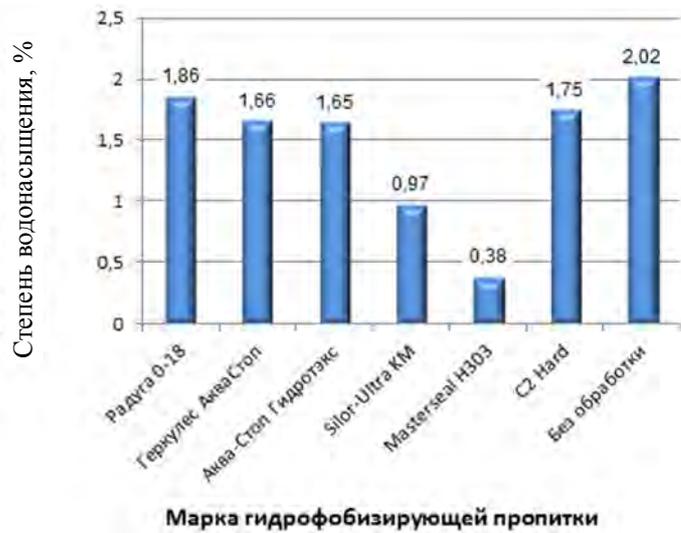


Рис. 5. Показатели степени водонасыщения испытуемых образцов в зависимости от марки гидрофобизирующей пропитки

По результатам лабораторных исследований, после испытания на сжатие на гидравлическом прессе, все образцы, обработанные гидрофобизирующими пропитками, показали близкие результаты с повышенными прочностными характеристиками. На рис. 6 представлена диаграмма предела прочности при сжатии контрольных бетонных образцов, обработанных различными гидрофобизирующими добавками после 200 циклов замораживание-оттаивание. При визуальном осмотре на образцах, покрытых гидрофобизирующими пропитками, дефектов в виде отшелушивания и сколов оказалось гораздо меньше.

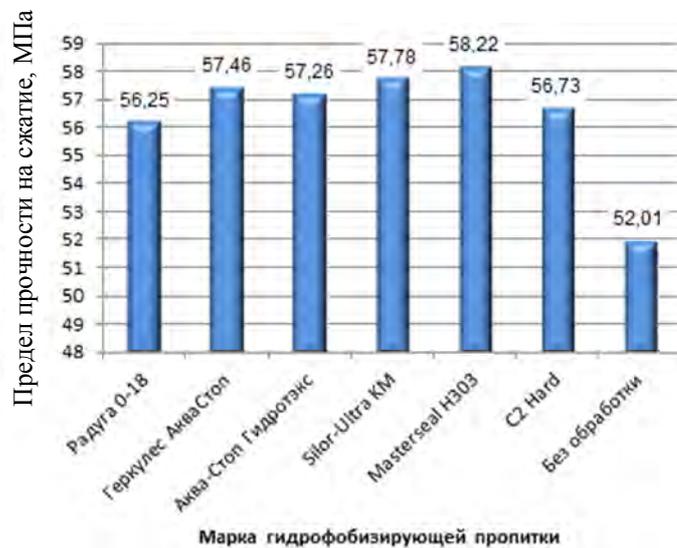


Рис. 6. Предел прочности на сжатие контрольных бетонных образцов, обработанных различными гидрофобизирующими пропитками

Стоимость нанесения гидрофобизирующих пропиток на один квадратный метр в среднем составляет около 90 руб. Нанесение же поверхностных асфальтобетонных слоев, полимерных добавок, полиуретановых бетонных смесей и других цементосодержащих ремонтных материалов как минимум в 10 раз дороже использования гидрофобизирующих пропиток. Процесс обработки поверхности гидрофобизирующими пропитками требует меньшего количества единиц техники, человеческих ресурсов, технически прост в исполнении. Поэтому, во избежание дорогостоящего ремонта цементобетонных покрытий, использование гидрофобизирующих пропиток на завершающей стадии устройства цементобетонных покрытий и монолитных дорожных удерживающих ограждений парапетного типа на автомобильных дорогах общего пользования является эффективным способом повышения прочности, долговечности и надежности покрытия, а также в целом транспортно-эксплуатационных показателей автомобильной дороги.

### **Выводы**

Учитывая климатические особенности Новосибирской области и применение противогололедных материалов при зимнем содержании автомобильных дорог с цементобетонным покрытием, целесообразно использовать гидрофобизирующие пропитки, способствующие повышению гидроизоляционных свойств цементобетонных конструкций, в том числе монолитных дорожных удерживающих ограждений парапетного типа, что позволяет производить обработку покрытий противогололедными материалами на основе хлоридов без риска разрушения контактирующих с ними цементобетонных конструкций. При этом наилучшие результаты по влагостойкости показали пропитки марок Silor-Ультра КМ и Masterseal H303.

На основании результатов исследований гидрофобизирующие пропитки Silor-Ультра КМ и Masterseal H303 были применены при устройстве покрытия из цементобетона и водоотводных прикромочных лотков при реконструкции участка автомобильной дороги Р-254 «Иртыш» 1392 км – 1422 км в 2015 г. в Новосибирской области. Результаты анализа применения гидрофобизирующих пропиток будут представлены в дальнейших исследованиях.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. *Несветаев, Г.В.* Бетон / Г.В. Несветаев. – Ростов н/Д : Феникс, 2013. – 381 с.
2. *Зарубина, Л.П.* Гидроизоляция конструкций, зданий и сооружений / Л.П. Зарубина // БХВ-Петербург. – 2011. – С. 1–4.
3. *Соловьев, В.И.* Бетоны с гидрофобизирующими добавками / В.И. Соловьев. – Алма-Ата : Наука, 1990. – 112 с.
4. *Козлов, В.В.* Гидроизоляция в современном строительстве / В.В. Козлов, А.Н. Чумаченко. – М. : Изд-во АСВ, 2003. – С. 5–15.
5. *Несветаев, Г.В.* Влияние некоторых гидрофобизирующих добавок на изменение прочности цементного камня / Г.В. Несветаев, А.В. Козлов, И.А. Филонов // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 2 (25). – Т. 25.
6. *Шастун, В.Н.* Технологические аспекты применения адгезионных композиций для гидротехнических сооружений / В.Н. Шастун, А.И. Бегун, В.В. Коваленко. – Днепрпетровск : ДДАУ, 2003. – С. 203–204.

7. Никитченко, Е. Гидроизоляция с приставкой «нано» / Е. Никитченко // Промышленно-строительное обозрение. – 2010. – 126 с.
8. Веселовский, Д.Р. Основные принципы создания мономеров для пропитки бетона / Д.Р. Веселовский, Н.В. Савицкий, Р.А. Веселовский // Строительство. Материаловедение. Машиностроение : сб. научн. трудов. – Днепропетровск : ПГАСА, 2005. – Вып. 35. – Ч. 1. – С. 105–108.
9. Свойства гидрофобизированных цементов и материалов на их основе / О.С. Мисников, Д.Ю. Белугин, О.В. Пухова, Е.Ю. Исаева // Современные технологии сухих смесей в строительстве. – СПб. : АЛИТ, 2005. – С. 28–33.
10. Румянцева, С. Проникновение извне / С. Румянцева // Промышленно-строительное обозрение. – 2007. – 103 с.

## REFERENCES

1. Nesvetaev G.V. Beton [Concrete]. Rostov-on-Don : Feniks Publ., 2013. 381 p. (rus)
2. Zarubina P.L. Gidroizolyatsiya konstruksii, zdanii i sooruzhenii [Waterproofing of structures, buildings and constructions]. BHV-Petersburg Publ., 2011, Pp. 1–4. (rus)
3. Soloviev V.I. Betony s gidrofobiziruyushchimi dobavkami [Concretes with water-repellent additives]. Alma-Ata : Nauka Publ., 1990. 112 p. (rus)
4. Kozlov V.V., Chumachenko A.N. Gidroizolyatsiya v sovremennom stroitel'stve [Waterproofing in modern construction]. Moscow : ASV Publ., 2003. Pp. 5–15. (rus)
5. Nesvetaev G.V., Kozlov A.V., Filonov I.A. Vliyaniye nekotorykh gidrofobiziruyushchikh dobavok na izmeneniye prochnosti tsementnogo kamnya [The Influence of some waterproofing additives on change of cement stone strength]. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2013. No. 25. V. 25. (rus)
6. Shastun V.N., Runner A.I., Kovalenko V.V. Tekhnologicheskie aspekty primeneniya adgezionnykh kompozitsii dlya gidrotekhnicheskikh sooruzhenii [Technological aspects of using adhesive compositions for hydraulic structures]. Dnipropetrovsk : DDAU Publ., 2003, Pp. 203–204. (rus)
7. Nikitchenko E. Gidroizolyatsiya s prstavkoi 'nano' [Waterproofing with prefix nano]. *Promyshlenno-stroitel'noe obozrenie*. 2010. 126 p. (rus)
8. Veselovskij D.R. Savic'kij N.V., Veselovskij R.A. Osnovnye principy sozdaniya monomerov dlja propitki betona [Principles of monomers production for concrete treatment]. *Coll. Papers 'Stroitel'stvo. Materialovedenie. Mashinostroenie'*, Dnepropetrovsk : PGASA Publ., 2005. V. 35. Pp. 105–108. (rus)
9. Misnikov O.S. Belugin D.Y., Pukhov O.V., Isaeva E.J. Svoistva gidrofobizirovannykh tsementov i materialov na ikh osnove [Properties of hydrophobized cements and materials on their basis]. *Sovremennye tekhnologie sukhikh smesei v stroitel'stve*. St-Petersburg : ALIT Publ., 2005. Pp. 28–33. (rus)
10. Rumyantseva S. Proniknoveniye izvne [Penetration from the outside]. *Promyshlenno-stroitel'noe obozrenie*. 2007. 103 p. (rus)