

Р.Е. Лукпанов¹, Д.В. Цыгулев², Д.С. Дюсембинов³, С.Б. Енкебаев⁴

¹⁻⁴ Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилёва,
Нур-Султан, Казахстан

Информация об авторах:

Лукпанов Рауан Ермагамбетович – PhD (МОН РК), ассоциированный профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилёва, Нур-Султан, Казахстан

<http://orcid.org/0000-0003-0085-9934>, e-mail: rauan_82@mail.ru

Цыгулев Денис Владимирович – к.т.н. (ВАК РК), доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилёва, Нур-Султан, Казахстан

<http://orcid.org/0000-0002-7061-6992>, e-mail: denis_riza_72@mail.ru

Дюсембинов Думан Серикович – к.т.н. (ВАК РК), доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилёва, Нур-Султан, Казахстан

<http://orcid.org/0000-0001-6118-5238>, e-mail: dusembinov@mail.ru

Енкебаев Серик Бейсенгалиевич – к.т.н. (ВАК РК), PhD (МОН РК), доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилёва, Нур-Султан, Казахстан

<http://orcid.org/0000-0002-5984-9346>, e-mail: Yenkebayev-serik@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЛЕДОФОБНОГО ПРОПИТОЧНОГО СОСТАВА ДЛЯ ПОКРЫТИЯ БЕТОННЫХ ДОРОГ

Аннотация. В статье представлены результаты исследования пропиточного состава для бетонных дорог, позволяющие улучшить ледофобные свойства покрытия. В основе пропиточного состава лежат кератиносодержащие компоненты и водорастворимый полимер. Исследования качественных показателей состава выполнены в лабораторных условиях: определение оптимального водного концентрата пропиточного состава выполнено методом измерений водопоглощающих способностей образцов, а оценка долговечности (износостойкости к механическим воздействиям или процентное соотношение истираемости) – модельными испытаниями колесным нагружением.

Ключевые слова: ледофобное покрытие, пропиточный состав, бетонные дороги, модельные испытания, истираемость.

Введение

Масштабное строительство дорог является неотъемлемой частью экономического развития любого государства, поскольку автотранспортная логистика покрывает большую долю товарооборота. Современное дорожное строительство должно обеспечивать безопасность и комфорт передвижения, а также надежность и долговечность дорог. Для обеспечения вышеуказанных требований применяют разного рода технологии и методы производства, которые зависят от вида дорожного покрытия. К наиболее распространенным дорожным покрытиям можно отнести асфальтное и бетонное; как в первом случае, так и во втором имеются свои преимущества и недостатки [1].

Преимущества асфальтовых дорог: отсутствие деформации от влияния природных воздействий, удобство при производстве ремонтных работ, что отражается в целом на себестоимости дороги с учетом ее эксплуатации [2]. Также асфальтобетон является гидрофобным, что обеспечивает устойчивость покры-

тия от воздействия дождя. Кроме того, основным сырьем для производства асфальта является битумное вяжущее, которое, в свою очередь, является побочным материалом нефтеперерабатывающего производства, что отражается на себестоимости производства асфальта [3]. Несмотря на ряд вышеуказанных преимуществ, имеются и недостатки. Одним из основных недостатков является влияние высоких температур на поверхность асфальта, что приводит к его размягчению и образованию колеи, а при промерзании подстилающего грунтового основания могут образоваться ямы на асфальтовом покрытии [4]. Так же немаловажным недостатком является воздействие на окружающую среду вредных выбросов при асфальтировании дорог и эксплуатации в жаркое время года таких, как бензопирен [5].

Преимущества бетонных дорог значительно выше асфальтированных, это, прежде всего, долговечность и прочность и, как следствие, меньшей необходимости в проведении ремонтно-восстановительных работ [6]. Бетон является экологически чистым материалом, так как производится из минерального вяжущего. Устойчивость к повышенным и пониженным температурам, образованию местных деформаций делают бетонные дороги наиболее предпочтительными с точки зрения интенсивной эксплуатационной нагрузки [7]. К недостаткам бетонных дорог можно отнести, прежде всего, его стоимость относительно асфальтных дорог. Высокое водопоглощение бетона как материала может привести к обледенению поверхности при воздействии отрицательных температур. Как следствие, в процессе обледенения снижается сцепление колес с поверхностью покрытия, тем самым увеличивается риск аварийности [8].

Если стоимость производства бетонных дорог может компенсироваться снижением затрат на ремонтно-восстановительные работы, то вопрос обледенения требует отдельного повышенного внимания, поскольку от этого напрямую зависит безопасность движения автотранспорта в зимний период их эксплуатации [9]. Существует множество дорогих методов борьбы с обледенением поверхности, основными из которых являются применение реагентов или мелкого песка [10]. Применение песка образует абразив на поверхности ледяной корки, а реагенты (соль) обеспечивают эффективное оттаивание льда. Применение перечисленных методов за уходом бетонных дорог приводит к ряду негативных последствий. Песок на обледенелой поверхности малоэффективен, так как не значительно увеличивает сцепление колес с поверхностью дороги, при этом образует загрязнение дороги и, как следствие, автотранспорта. От реагентов разрушается поверхность бетона, проникая в структуру, реагенты разрушают ее изнутри, образуя локальные деформации и шелушение поверхности. Более того, агрессивная среда, возникающая при взаимодействии реагентов с талым льдом, вызывает коррозию автомобильного транспорта [11].

Вышеизложенная проблема обледенения бетонных дорог определила цель исследовательской работы: разработать ледофобный пропиточный состав для уменьшения ледообразования на покрытии дорожного полотна с обоснованием эффективности его применения.

Исследования по оценке качества дорожного покрытия проведены в лабораторных условиях. Основным сравнительным критерием являлась оценка водопоглощения бетона, а также оценка долговечности (износостойкости) пропиточного состава.

Методология исследования

Технология производства основана на промышленном производстве кератина, однако отличительным компонентом состава является добавление водорастворимого полимера (акриловый латекс) [12].

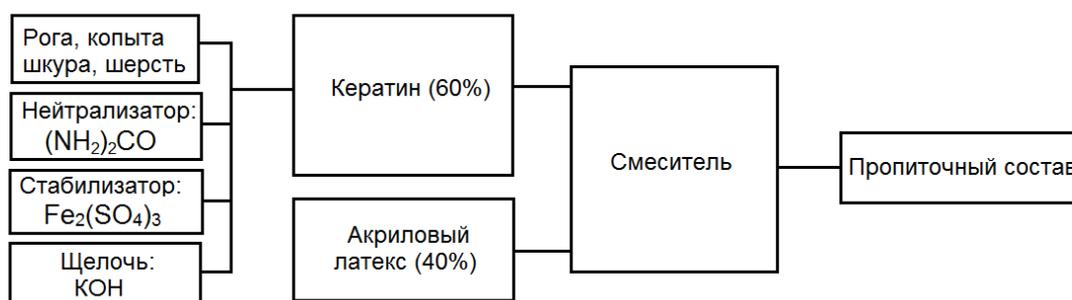


Рисунок 1 – Технология производства пропиточного состава
[материалы автора]

Лабораторные исследования включали: оценку оптимальной концентрации пропиточного состава в воде испытанием на водопоглощение; оценку истираемости покрытия методом моделирования колесной нагрузки.

Главным критерием для испытаний образцов на водонепроницаемость, а также адгезийной и проникающей способности воды на границе фазового перехода было получение максимальной площади контакта бетона с водой, поэтому образцы были выполнены большого размера: 55x30x2 см (длина, ширина, высота). Для испытаний на истираемость образцы выполнены в форме тора, размерностью: 40x4 (диаметр и высота), размеры которых были ограничены габаритами круга вращения.

Эффективность пропиточного состава будет зависеть от степени его проникновения в бетонную поверхность дороги. Поэтому оценка оптимальной раствора ледофобного покрытия выполнены методом оценки водопоглощения бетонных образцов, покрытых пропиточным составом разной концентрации: 2,5, 5, 10, 15 и 20%. Основным оценочным критерием являлось соотношение эффективности ледофобизации к оптимальной водной концентрации состава.

Испытания на водопоглощение образцов выполнены в последовательности: сначала были испытаны все шесть бетонных образцов без покрытия; далее, после сушки, образцы были покрыты пропиточным составом разной концентрации; затем повторно испытаны на водопоглощение (рис. 2). Пропитка ледофобным составом выполнена методом пульверизации, то есть методом максимально приближенным к реальному технологическому процессу нанесения со-

става на поверхность дороги. После определения оптимального состава дальнейшие испытания по оценке качественных и количественных параметров покрытия были выполнены только для выявленного концентрата.



С покрытием



Без покрытия

Рисунок 2 – Испытание на водопоглощение [материалы автора]

Для оценки износостойкости покрытия, как материала, подверженного истиранию и динамическим нагрузкам, проведены модельные испытания на адаптированном приборе вращательного действия. Для испытаний были изготовлены образцы в форме тора, на поверхность которых был нанесен пропиточный состав методом пульверизации (рис. 3). Масштаб модели был подобран из соотношения площади опирания колеса грузового автомобиля к площади опирания колесика модели. Величину статического пригруза на модельное колесико определяли методом динамического подобия из условия среднестатистической нагрузки на полуось грузового и легкового автотранспорта.

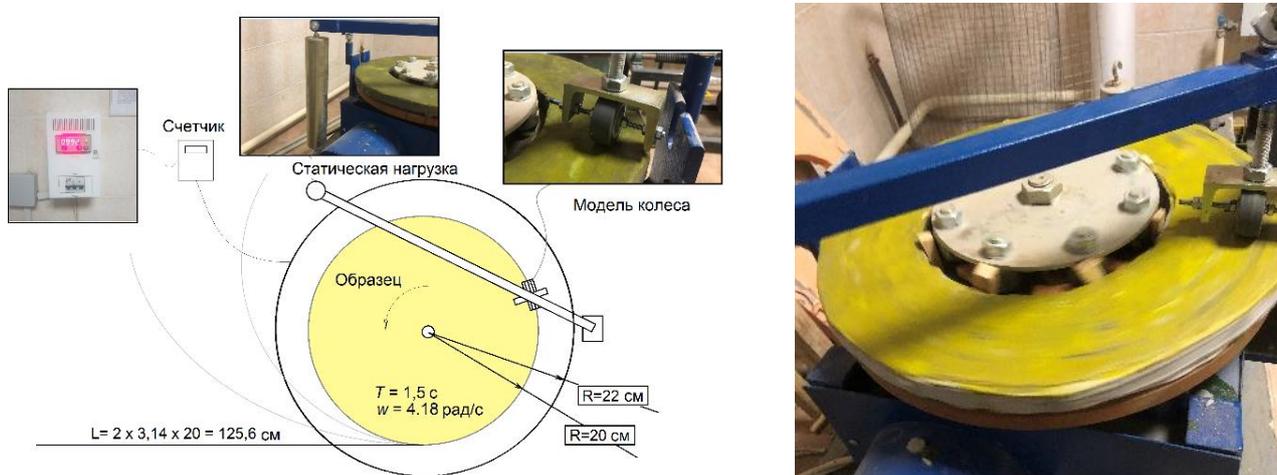


Рисунок 3 – Модельные испытания покрытия на истирание [материалы автора]

Результаты испытаний

Испытания на водопоглощение. В таблице 1 представлены результаты водопоглощений: частные значения и основные статистические показатели (\bar{x} – среднее арифметическое, σ – квадратичное отклонение, c_v – коэффициент вариации).

Таблица 1 – Результаты испытаний образцов на водопоглощение [материалы автора]

Образцы без покрытия				Образцы с покрытием			
№	m_d , кг	m_s , кг	$W_m = \frac{m_s - m_d}{m_d}, \%$	Концентрация, %	m_d , кг	m_s , кг	$W_m = \frac{m_s - m_d}{m_d}, \%$
1	7,4	7,7	4,9	2,5	9,6	9,9	3,6
2	7,5	7,9	6,3	5,0	8,3	8,7	3,9
3	9,6	10,1	5,3	10,0	7,8	8,2	5,5
4	8,3	8,6	4,1	15,0	7,4	7,8	5,0
5	7,7	8,2	6,8	20,0	7,5	7,9	6,6
Статистические показатели							
\bar{x}	7,908	8,343	5,530	\bar{x}	8,273	8,641	4,521
σ	0,899	0,926	0,974	σ	0,960	0,941	0,892
c_v	11,37	11,10	17,62	c_v	11,60	10,88	19,73

Несмотря на относительно большой разброс между образцами 4 и 5 (без покрытий), результаты имеют относительно тесную связь между собой, среднюю степень сходимости и закономерную зависимость: среднее значение водопоглощения составило 5,53%; при квадратичном отклонении 0,974 и коэффициенте вариации – 17,62%. При доверительной вероятности 95% коэффициент надежности результатов испытаний составляет 0,87 (87%). Статистические данные покрытых образцов свидетельствуют о закономерности увеличения водопроницаемости с уменьшением концентрации раствора, коэффициент корреляции концентрации по водопоглощению составляет: 0,92.

Согласно результатам испытаний на водопоглощение, получена следующая закономерность: чем меньше концентрация пропиточного состава в воде, тем меньше водопоглощение бетона. То есть наибольший гидрофобный эффект достигается при меньшей концентрации состава в воде. Имея одинаковую плотность с водой, взвешенный пропиточный состав закупоривает макро- и микропоры на поверхности бетона. При этом эффективность пропитки зависит не от количества концентрата, а от количества воды, увлекающей за собой полимерного компонента пропиточного состава. Дальнейшие исследования будут проведены для концентрата 2,5%, но при трехкратной пропитке образцов согласно исследованию эффективности покрытия от количества нанесения состава.

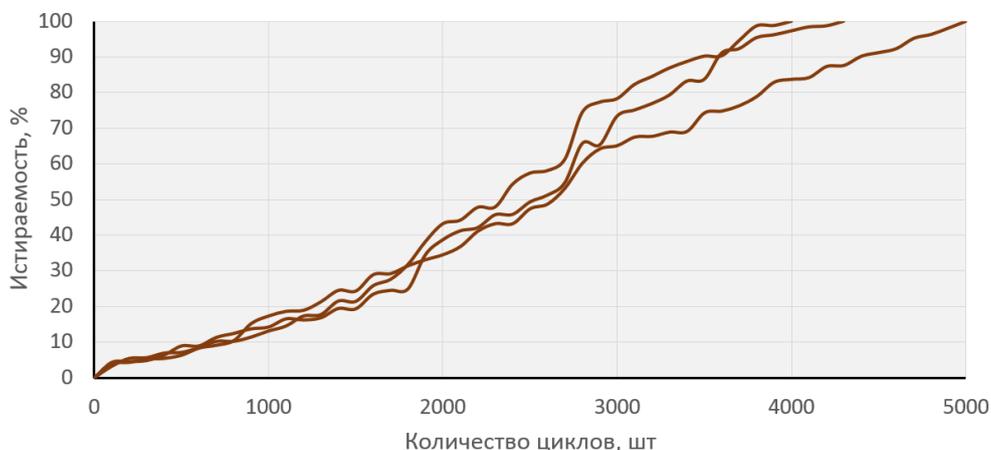


Рисунок 4 – Результаты испытаний на износостойкость покрытия (3 образца) [материалы автора]

На рисунке 4 представлены результаты испытаний на износостойкость покрытия при нагружении колесной нагрузкой. Испытания выполнены на круге вращательного действия, с регистрацией данных по истиранию покрытия в процентном соотношении каждые 100 циклов (100 полных оборотов образца). Каждой кривой соответствует отдельно выполнение испытание истираемости покрытия.

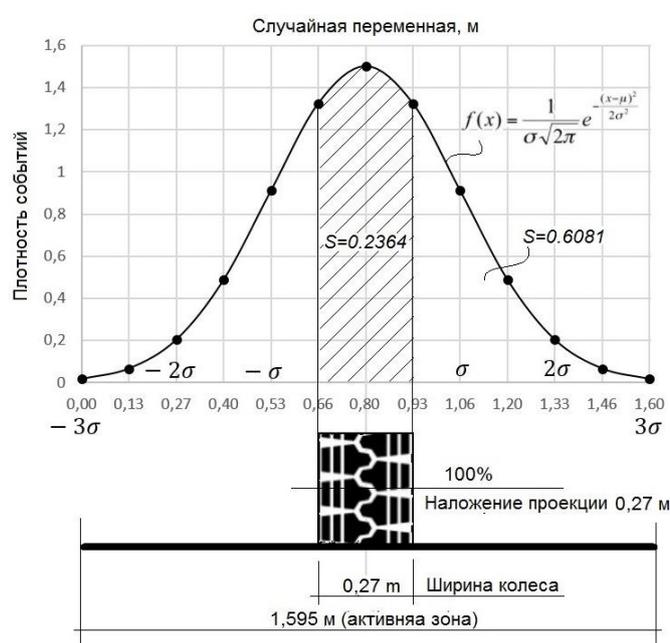
Поскольку в испытаниях положение колеса относительно циклично вращающегося диска, фиксированно, то траектория его движения также оставалась неизменной от цикла к циклу. В реальных условиях колесо автотранспортного средства имеет определенную степень свободы, ограниченную габаритами автотранспорта и шириной дороги. Следовательно, для оценки износостойкости покрытия в реальных условиях необходима корректировка полученных результатов статистическим анализом с учетом законов вероятности. Для вероятности наложений проекции шин друг на друга использован закон геометрического определения вероятности и закон нормального распределения Гаусса, где в качестве вероятного события было применено отношение площади, ограниченной шириной шины (и ее смещениями) на диаграмме Гаусса, к общей площади плотности вероятного распределения случайных величин. Из учета стандартной ширины дороги, равной 3,75 м, а также средних размеров грузового автотранспорта активная зона дороги составляет 1,595 м.

На рисунке 5А представлена диаграмма Гаусса, спроецированная на активную зону грузового автотранспорта. Наибольшая вероятность движения (попадания колеса) будет стремиться к центру активной зоны, то есть максимальная плотность событий (математическое ожидание), которой соответствует минимальная вероятность совпадений, на диаграмме Гаусса будет располагаться в центре активной зоны. А минимальная плотность событий, которой соответствует максимальная вероятность совпадений 3σ , будет равна половине активной зоны – 0,7975 м. В нашем случае в диапазон $-3\sigma - +3\sigma$ (ширина активной зоны) будут попадать не 99,72%, а абсолютно все математические ожидания. Для оценки вероятности наложения проекции шин друг на друга использован закон геометрического определения вероятности, где квадратуемые области (площади) геометрической вероятности описаны (ограничены) законом нормального распределения. Наименее благоприятным, с точки зрения вероятности истирания покрытия, будет центральная зона диаграммы Гаусса, с максимальной плотностью событий, следовательно, дальнейшие вариации событий будут проведены относительно центра диаграммы. Под вариациями событий подразумевается возможное процентное наложение шин друг на друга от 10% до 100%, кратностью 10% (меньшая кратность в рамках оценки износостойкости всего покрытия считаем нерациональной). То есть, дана вероятностная оценка событиям, при которых происходит истирание покрытия, шириной от истинной ширины шины, до 10% от ширины шины.

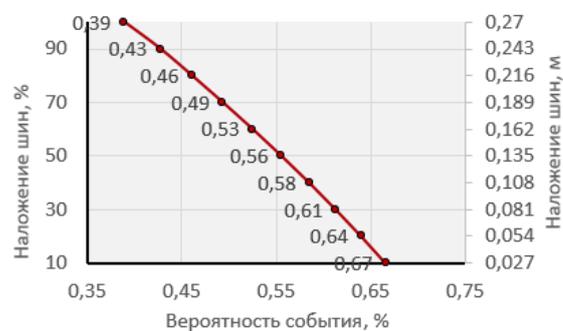
На рисунке 5Б представлены результаты расчетов геометрических вероятностей наложений шин, или вероятности истираний покрытия, шириной кратной 10% ширины шины: для грузового от 0,027 м до 0,27 м. Согласно рас-

четам, получены закономерные результаты, наибольшая вероятность истирания соответствует 10%, наименьшая – 100%. Для грузового автотранспорта минимальному истиранию покрытия, шириной 0,027 м, соответствует максимальная вероятность 67%. Максимальной ширине истирания покрытия для грузового автотранспорта соответствует минимальная вероятность 39%.

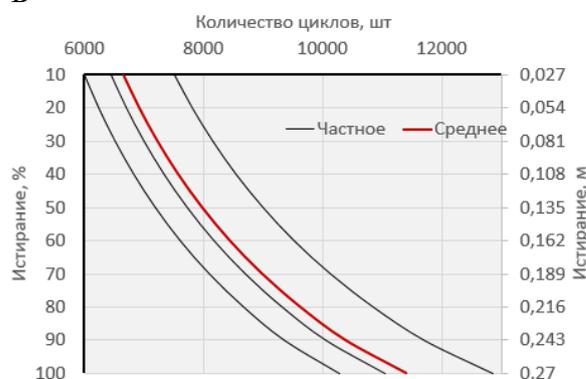
Таким образом, корректируя полученные данные испытаний на истираемость, получаем количество циклов (проездов), при котором возможно истирание покрытия. На рисунке 5В показана зависимость циклов (количество проездов) по процентному истиранию покрытия. Например, для образования полосы истирания шириной 30% от ширины шины (шириной истирания 5,25 см) должно проехать 6700 груженого грузового автотранспорта по любой траектории в пределах ширины проезжей части.



А



Б



В

Рисунок 5 – Нормальное распределение вероятности на активную зону [материалы автора]

Заключение

Выявлен оптимальный водный концентрат пропиточного состава, который равен 2,5%, при покрытии образцов которым наблюдалось максимальное снижение водопоглощающей способности бетона. В численном эквиваленте снижение водопоглощения составило 34% по сравнению со средним значением всех 6 образцов без покрытия (в сравнении с частными значениями от 11 до 46%).

Для 100% истирания состава потребовалось 4500 циклов кругового движения груженого грузового автотранспорта и 7000 циклов для легкового автотранспорта. С учетом статистической вероятности траектории движения автотранспорта получена номограмма, согласно которой можно производить про-

гноз ширины истирания покрытия от количества проезжающего грузового и легкового автотранспорта. Так, например, согласно номограмме, для образования полосы истирания шириной 5,25 см должно проехать 13 000 легковых или 6700 грузового автотранспорта по любой траектории, в зоне ширины проезжей части.

Дальнейшие исследования будут направлены на оценку влияния пропиточного состава на изменение сцепления (трения) бетона с колесом автотранспорта, а также оценкой адгезийной и проникающей способности воды на границе фазового перехода в лед.

Литература:

1. Lukpanov R, Dyusembinov D, Shakhmov Z, Tsygulov D, Aibuldinov Y, Vatin NI (2022) *Crystals* 12(2). DOI:10.3390/cryst12020161.
2. Vishnu T., Singh KL (2021) *International Journal of Pavement Research and Technology* 14(5): 625-637. DOI:10.1007/s42947-020-0273-z.
3. Rocha Segundo I, Silva L, Palha C, Freitas E, Silva H (2021) *Construction and Building Materials* 281:207-215. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2021.122611.
4. Lukpanov RE, Dyussembinov D S, Yenkebayev S, Tsygulyov DV (2022) *Impregnation composition to increase the ice-phobic properties of concrete roads*. DOI:10.1007/978-3-030-81289-8_39.
5. Choudhary J, Kumar B, Singh S (2021) *International Journal of Pavement Research and Technology* 14(6):751-763. DOI:10.1007/s42947-020-0242-6.
6. Nemati KM, Uhlmeier JS (2021) *Case Studies in Construction Materials* 14. DOI:10.1016/j.cscm.2021.e00499.
7. Du C, Sun Y, Chen J, Zhou C, Liu P, Wang D, Oeser M (2021) *Journal of Transportation Engineering Part B: Pavements* 147(2). DOI:10.1061/JPEODX.0000263
8. Arulrajah A, Perera S, Wong YC, Maghool F, Horpibulsuk S (2021) *Construction and Building Materials* 284. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2021.122809.
9. Abu Abdo AM, Jung SJ (2019) *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences* 14(13):2348-2355.
10. Cui Y, Chen Y, Cen G, Peng G (2019) *Construction and Building Materials* 211:284-297. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2019.03.193.
11. Yang C, Li Y, Peng B, Cheng Y, Tong L (2019) *Road material information extraction based on multi-feature fusion of remote sensing image. Paper presented at the International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)* 3943-3946. DOI:10.1109/IGARSS.2019.8899029.
12. Пат. №9111 Кератиновый пенообразователь для получения пенобетона. Шинтемиров К., Айдарова С., Орынбеков С., Байболов С., Шинтемиров Т., Базарбаев А.

References:

1. Lukpanov R, Dyusembinov D, Shakhmov Z, Tsygulov D, Aibuldinov Y, Vatin NI (2022) *Crystals* 12(2). DOI:10.3390/cryst12020161. (in Eng.)
2. Vishnu T., Singh KL (2021) *International Journal of Pavement Research and Technology* 14(5): 625-637. DOI:10.1007/s42947-020-0273-z. (in Eng.)
3. Rocha Segundo I, Silva L, Palha C, Freitas E, Silva H (2021) *Construction and Building Materials* 281:207-215. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2021.122611. (in Eng.)
4. Lukpanov RE, Dyussembinov D S, Yenkebayev S, Tsygulyov DV (2022) *Impregnation composition to increase the ice-phobic properties of concrete roads*. DOI:10.1007/978-3-030-81289-8_39. (in Eng.)

5. Choudhary J, Kumar B, Singh S (2021) *International Journal of Pavement Research and Technology* 14(6):751-763. DOI:10.1007/s42947-020-0242-6. (in Eng.)
6. Nemati KM, Uhlmeier JS (2021) *Case Studies in Construction Materials* 14. DOI:10.1016/j.cscm.2021.e00499. (in Eng.)
7. Du C, Sun Y, Chen J, Zhou C, Liu P, Wang D, Oeser M (2021) *Journal of Transportation Engineering Part B: Pavements* 147(2). DOI:10.1061/JPEODX.0000263 (in Eng.)
8. Arulrajah A, Perera S, Wong YC, Maghool F, Horpibulsuk S (2021) *Construction and Building Materials* 284. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2021.122809. (in Eng.)
9. Abu Abdo AM, Jung SJ (2019) *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences* 14(13):2348-2355. (in Eng.)
10. Cui Y, Chen Y, Cen G, Peng G (2019) *Construction and Building Materials* 211:284-297. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2019.03.193. (in Eng.)
11. Yang C, Li Y, Peng B, Cheng Y, Tong L (2019) *Road material information extraction based on multi-feature fusion of remote sensing image. Paper presented at the International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) 3943-3946. DOI:10.1109/IGARSS.2019.8899029. (in Eng.)*
12. Shintemirov K., Aydarova S., Oryinbekov S., Baybolov S., Shintemirov T., Bazarbaev A. *Keratinovyyiy penoobrazovatel dlya polucheniya penobetona [Keratin foaming agent for the production of foam concrete] Patent №9111. (in Russ.)*

**Р.Е. Лукпанов^{1*}, Д.В. Цыгулев¹,
Д.С. Дюсембинов¹, С.Б. Енкебаев¹**

¹Л.Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Авторлар туралы ақпарат:

Лукпанов Рауан Ермагамбетович – PhD (ҚР БҒМ), қауымдастырылған профессор, Л.Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

<http://orcid.org/0000-0003-0085-9934>, e-mail: rauan_82@mail.ru

Цыгулев Денис Владимирович – техника ғылымдарының кандидаты (ҚР ЖАК), доцент, Л.Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

<http://orcid.org/0000-0002-7061-6992>, e-mail: denis_riza_72@mail.ru

Дюсембинов Думан Серикович – техника ғылымдарының кандидаты (ҚР ЖАК), доцент, Л.Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

<http://orcid.org/0000-0001-6118-5238>, e-mail: dusembinov@mail.ru

Енкебаев Серик Бейсенғалиевич – техника ғылымдарының кандидаты (ҚР ЖАК), PhD (ҚР БҒМ), доцент, Л.Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

<http://orcid.org/0000-0002-5984-9346>, e-mail: Yenkebayev-serik@mail.ru

**ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР АРҚЫЛЫ
МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ҚОСПАЛАРДЫҢ ГАЗДАЛҒАН
БЕТОННЫҢ БІРКЕЛКІЛІГІНЕ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ**

Андатпа. Мақалада жабынның мұздық қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік беретін бетон жолдарына арналған сіңдіру құрамын зерттеу нәтижелері келтірілген. Сіңдіру құрамы кератинді компоненттер мен суда еритін полимерге негізделген. Композицияның сапалық көрсеткіштерін зерттеу зертханалық жағдайда жүргізілді: сіңдіру құрамының оңтайлы су концентратын анықтау үлгілердің су сіңіру қабілетін өлшеу әдісімен, ал беріктікті бағалау (механикалық кернеулерге төзімділік немесе абразивтіліктің пайыздық қатынасы) – доңғалақты жүктемемен модельдік сынақтармен жүргізілді.

Түйін сөздер: ледофобты жабын, сіңдіру құрамы, бетон жолдары, модельдік сынақтар, абразивтілік.

**R.E. Lukpanov^{1*}, D.V. Tsygulyov¹,
D.S. Dyusembinov¹, S.B.Yenkebayev¹**

¹L. N. Gumilev Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Author information:

Lukpanov Rauan Ermagambetovich – PhD (MES RK), associated professor, L.N. Gumilev ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

<http://orcid.org/0000-0003-0085-9934>, e-mail: rauan_82@mail.ru

Tsygulyov Denis Vladimirovich – Candidate of Science (VAK RK), Associate Professor, L.N.Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

<http://orcid.org/0000-0002-7061-6992>, e-mail: denis_riza_72@mail.ru

Dyussembinov Duman Serikovich – Candidate of Science (VAK RK), Associate Professor, L.N.Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

<http://orcid.org/0000-0001-6118-5238>, e-mail: dusembinov@mail.ru

Yenkebaev Serik Beysengaliyevich – PhD (MES RK), Associate Professor, L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

<http://orcid.org/0000-0002-5984-9346>, e-mail: Yenkebayev-serik@mail.ru

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF MODIFIED ADDITIVES ON THE HOMOGENEITY OF AERATED CONCRETE BY LABORATORY TESTS

Abstract. *The article presents the results of the research of impregnation composition for concrete roads, which allows to improve the ice-phobic properties of the coating. The impregnating composition is based on keratin-containing components and water-soluble polymer. Studies of qualitative indicators of the composition were carried out in laboratory conditions: determination of the optimal water concentrate of impregnation composition was made by measuring water absorption capacity of samples, and the assessment of durability (wear resistance to mechanical impacts or percentage of abrasion) was carried out by model tests with wheel loadings.*

Keywords: *ice coating, impregnation composition, concrete roads, model tests, abrasion.*