

Р.Е. Лукпанов¹, Д.С. Дюсембинов¹, Д.В. Цыгулев¹, С.Б. Енкебаев¹

¹Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева

Информация об авторах:

Лукпанов Рауан Ермагамбетович – PhD (МОН РК), ассоциированный профессор, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

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

Дюсембинов Думан Серикович – кандидат технических наук (ВАК РК), доцент, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

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

Цыгулев Денис Владимирович – кандидат технических наук (ВАК РК), доцент, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

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

Енкебаев Серик Бейсенгалиевич – кандидат технических наук (ВАК РК), PhD (МОН РК), доцент, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

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

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЛЕДОФОБНОГО ПРОПИТОЧНОГО СОСТАВА ЦЕМЕНТНО-БЕТОННЫХ ДОРОГ НА АДГЕЗИЙНУЮ СТОЙКОСТЬ ЛЕДЯНОЙ КОРКИ К БЕТОНУ

Аннотация. Предложен ледофобный пропиточный состав цементно-бетонных дорог. Состав на основе кератиносодержащих компонентов с добавлением водорастворимого полимера. Результаты испытаний показали эффективность ледофобного покрытия, поскольку во всех экспериментах образцы без покрытия показали большую стойкость ледяной корки к термическим воздействиям и существенную разницу в водопоглощающей способности.

Ключевые слова: ледофобное покрытие, цементно-бетонные дороги, водопоглощение, кератин.

Введение

Сегодня, в дорожном строительстве широко применяется технология устройства одежды из цементобетона и асфальтобетона [1]. Цементно-бетонные дороги (далее – бетонные) имеют большое преимущество перед асфальтобетонным покрытием, а именно долговечность, прочность, устойчивость к морозному пучению основания дорог [2]. Одним из недостатков цементно-бетонных дорог является обледенение их поверхности при отрицательных температурах, что отражается на безопасности движения [3].

В качестве технического решения по устранению данной проблемы часто применяют химические реагенты и соли, способные растворить ледяную корку [4]. Однако нужно учитывать низкую устойчивость бетонных дорог к агрессивным средам, которые образуются при взаимодействии химических реагентов и солей с водой [5]. В результате агрессивность среды влечет за собой как разрушение дорожного покрытия, а также вызывает коррозию автомобильного транспорта [6]. Обработка дорожного покрытия реагентом требует периодического ухода при каждом образовании обледенения. С учетом частой цикличности климатических условий данный метод имеет низкую эффективность и эко-

номически нецелесообразен [7]. Так же в мировой практике в качестве абразива применяют песок, укладываемый на поверхность обледенелых дорог, тем самым увеличивая сцепление колес с ледяной коркой [8]. Данный метод не решает проблему в целом, носит кратковременный эффект, требует постоянного ухода.

Решение обозначенной проблемы обледенения бетонных дорог, остается актуальным и может быть найдено в использовании пропиточных составов, не требующих частого ухода, но способных снизить ледообразование или его частичное устранение [9]. Тогда кроме технологической эффективности пропиточного состава важным становится вопрос его экономической эффективности [10]. Предложенный в статье пропиточный состав изготавливается на основе кератиносодержащих компонентов, получаемых из отходов животноводства [11]. Состав обеспечивает обволакивание поровой структуры бетона, создавая прослойку разности натяжения, тем самым, не позволяя льду и бетону стать единым монолитом, в связи с чем лед разбивается даже при малом механическом воздействии [12]. Также в состав входят водорастворимые полимеры, что позволяет достичь большого эффекта гидрофобности структуры бетонных дорог, защищая их от обледенения [13].

Целью исследовательской работы является оценка эффективности предложенного пропиточного состава (ледофобного покрытия) методом испытаний обледенелых образцов бетона.

Исследования по оценке качества дорожного покрытия проведены в лабораторных условиях. Основным сравнительным критерием являлась оценка адгезии ледяной корки к цементобетонному покрытию дороги. Как и оговаривалось ранее, характер сцепления льда к бетону зависит от площади контакта двух составляющих (лед и бетон). При этом прочность сцепления (адгезийное сопротивление) льда и бетона – это результат условного аддитивного эффекта следующих факторов: первый фактор – это адгезия льда к бетону как к материалу; второй фактор – это защемление (анкеровка) льда в поровой (микро- и макро-) структуре по поверхности бетона [14]. При этом здесь четко наблюдается эффект синергии, то есть если рассматривать эти факторы отдельно друг от друга, то эффективность их адгезийного сопротивления существенно снижается, по сравнению с совместным адгезийным сопротивлением, при котором наблюдается взаимовлияние [15]. Поэтому, исключив один из факторов, в нашем случае это первый фактор – адгезия льда, мы существенно снижаем эффективность второго фактора – анкеровка ледяной корки [16].

Материалы и методы

На рисунке 1 представлена технологическая схема по производству пропиточного состава, которая включает в себя процедуру гидролиза в щелочной среде (для растворения кератиносодержащего сырья), с последующей нейтрализацией щелочной среды. Технология производства основана на промышленном производстве кератина [17].

В реактор загружается 1/3 воды и дозированное количество кератинового сырья. Далее в реактор загружается каустическая сода или его водный раствор требуемой концентрации. Соотношение (кератиновое) сырье: жидкая фаза – 1:3, затем сюда же в реактор загружается требуемое количество мочевины (карбамида) и вводится оставшаяся часть воды, т.е. ее 2/3 часть. После этого реактор герметично закрывается, и загруженное сырье подвергается тепловому воздействию. Температура в процессе гидролиза не должна превышать 135°C. Продолжительность гидролиза зависит от вида кератинового и может составлять 4-8 часов. После завершения процесса гидролиза гидролизат должен остыть до температуры окружающего воздуха. Из остывшего раствора гидролизата отбирают 1 литр пробы, замеряют начальное рН, приступают к его нейтрализации сернокислым железом ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$). После нейтрализации полученного гидролизата, он подвергается фильтрованию пропусканием продукта через фильтр-пресс. Затем кератиносодержащий состав в смесителе перемешивают с акриловым латексом, в процентном соотношении 60:40, соответственно.



Рисунок 1 – Технология производства пропиточного состава [материал авторов]

На первой стадии исследования важен анализ эффективности ледофобного покрытия, а также оценка характера обледенения в сравнении образцов с покрытием и без. Для решения поставленной задачи нет необходимости в моделировании расчетных нагружений, воспринимаемых покрытием при движении автотранспорта, а достаточно моделирование расчетных схем, при которых возможно дать оценку качества адгезии льда к бетону. Поэтому были приняты расчетные ситуации, при которых происходит отслоение ледяного покрова от обледенелого покрытия. С этой целью были проведены лабораторные эксперименты с приложением термических напряжений на опытные образцы.

Испытания проведены для больших образцов размерностью: высота $h=80\text{мм}$, ширина $b=350\text{мм}$ и длина $l=550\text{мм}$ (рис. 2). Состав образцов представлен следующими компонентами: цемент – 10 кг, песок 30 кг, послеспиртовая барда – 20мл, полимер ПВА – 5 мл, остальное – вода. После истечения 28 суток на рабочую поверхность первого образца был нанесен ледофобный пропиточный состав толщиной 0,2-0,3 мм, поверхность второго образца не обрабатыва-

лась. Для лучшей визуальной поверхности в пропиточный состав был введен желтый краситель.

Заморозка образцов производилась в морозильной камере Controls по двум программам воссоздания обледененного слоя воды:

- посредством локализации воды на поверхности образцов до полной ее заморозки и образования ледяной корки;

- посредством моделирования климатических условий в морозильной камере до образования ледяной корки.

В первом случае по контуру рабочей поверхности был выполнен бортик для удержания необходимого количества воды на поверхности образца. Во втором случае, для чистоты эксперимента, климатическим воздействиям была подвергнута только рабочая поверхность образца, остальные грани образца (боковые и нижняя) были изолированы теплоизоляционным материалом (рис. 2).



Рисунок 2 – Опытные образцы [материал авторов]

Эффект термического растрескивания был достигнут обычным путем посредством мгновенного введения горячей жидкости на обледенелую поверхность. По характеру растрескивания можно сделать выводы о стойкости ледофобного покрытия. Если сцепление между бетоном и ледяной коркой отсутствует, то вероятно степень растрескивания льда будет более значительней, в сравнении с образцом, где адгезия бетона и льда имеет место быть.

Помимо испытаний с использованием разрушающую ледяную корку термических напряжений, были проведены исследования свойств гидрофобности бетона стандартным методом – определением его водонасыщения (водопроницаемости). В данном случае десять стандартных кубовидных образцов, размером 10x10x10 см (высота, ширина, длина) были погружены в воду до набора постоянной массы. Пять образцов были обработаны ледофобным составом по всем наружным граням, другие пять образцов представлены тем же качественным и количественным составом, не подвергались поверхностной обработке. Толщина ледофобного покрытия также соответствовала 0,2-0,3 мм (рис. 3).



Рисунок 3 – Кубические образцы на водопоглощение [материал авторов]

Результаты испытаний

На рис. 4 представлены результаты испытаний моделирования термических напряжений.



Рисунок 4 – Образцы, после моделирования термического напряжения [материал авторов]

На обледенелую поверхность каждого образца, после его выдержки в морозильной камере при температуре -30°C в течение 24 часов, было введено 300 г горячей воды, температура которой составляла 100°C . Большой разброс температур привел к мгновенному распространению термического напряжения по поверхности ледяной корки. Согласно визуальному освидетельствованию образцов, после проведения испытаний, было выявлено: на поверхности образцов

без ледофобного покрытия наблюдалось незначительное локальное растрескивание ледяной корки, без внутреннего проникновения воды; у образца с ледофобным покрытием наблюдалось повсеместное растрескивание ледяной корки, с появлением микро и макротрещин. Более того, у образца с покрытием наблюдалось проникновение воды, что привело к отслоению ледяной корки от бетонного покрытия. В целом наблюдается отслоение более 70% ледяной корки от общей площади поверхности образца. Результаты испытаний подтвердили относительно низкое адгезийное сопротивление образцов с покрытием, относительно образцов без покрытия.

На рис. 5 представлены результаты испытаний контрольных образцов на водопоглощение. На рисунке 5А показаны средние значения плотности образцов в сухом состоянии, на рисунке 5В – средняя плотность во влажном состоянии, а на рисунке 5С – средние значения водопоглощения образцов. По оси ординат показан порядковый номер образцов, по оси абсцисс – соответствующие им частные значения.

ОБРАЗЦЫ С ПОКРЫТИЕМ

Номер образца	т с.о., г	т в.о., г	w, %
1	2230	2280	2,24
2	2285	2325	1,75
3	2260	2305	1,99
4	2285	2330	1,97
5	2225	2265	1,80
Среднее значение w, %:			2,0

ОБРАЗЦЫ БЕЗ ПОКРЫТИЯ

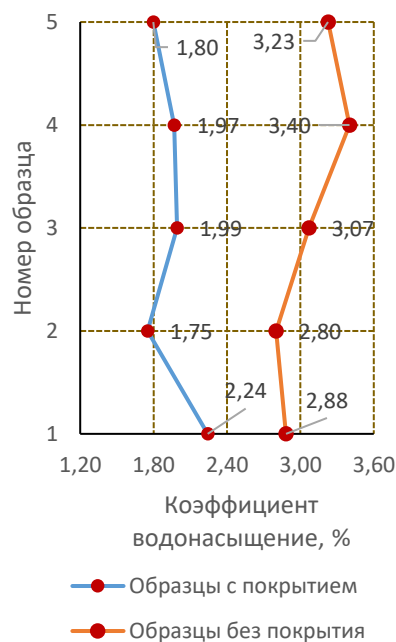
Номер образца	т с.о., г	т в.о., г	w, %
1	2255	2320	2,88
2	2320	2385	2,80
3	2280	2350	3,07
4	2205	2280	3,40
5	2170	2240	3,23
Среднее значение w, %:			3,1

т с.о. - масса сухого образца, г

т в.о., - масса влажного образца, г

w - коэффициент водонасыщения, %

$$W = \frac{m_{в.о.} - m_{с.о.}}{m_{с.о.}} \cdot 100, \%$$



А

В

С

Рисунок 5 – Результаты испытаний на водопоглощение [материал авторов]

Частные значения плотности контрольных образцов с ледофобным покрытием в сухом состоянии варьируются в пределах от 2225 до 2285 г/см³, а среднее значение плотности составляет 2257 г/см³, что лежит в пределах средних значений плотности бетона. При этом квадратичное отклонение частных значений составляет 28,85, что свидетельствует о тесной связи частных значений всех образцов между собой. Коэффициент вариации не превышает 1,27 %, что свидетельствует о незначительных отклонениях частных значений от среднего значения плотности. Частные значения плотности контрольных образцов с

ледофобным покрытием в водонасыщенном состоянии варьируются от 2258 до 2323 г/см³, при этом среднее значение составляет 2293 г/см³. Квадратичное отклонение частных значений составляет 28,22, а коэффициент вариации – 1,23%, что также свидетельствует о тесной связи частных значений и незначительных их отклонениях от среднего значения плотности образцов в водонасыщенном состоянии. Водопоглощение образцов варьируются от 1,46 до 1,87%, при этом среднее значение составляет 1,95, квадратичное отклонение – 0,16, а коэффициент вариации 9,9.

Частные значения плотности контрольных образцов без ледофобного покрытия в сухом состоянии варьируются в пределах от 2170 до 2320 г/см³, а среднее значение плотности составляет 2246 г/см³, что также лежит в пределах средней плотности бетона. Полученные значения также имеют тесную связь, поскольку квадратичное отклонение составляет 59,51, а коэффициент вариации не превышает 2,65%. Частные значения в водонасыщенном состоянии варьируются от 2240 до 2385 г/см³, среднее значение составляет 2315 г/см³. Квадратичное отклонение составляет 57,01, а коэффициент вариации – 2,46%, что также свидетельствует о тесной связи частных значений. Водопоглощение образцов варьируются от 2,80 до 3,40%, при этом среднее значение составляет 3,07, квадратичное отклонение – 0,24, а коэффициент вариации – 7,9.

Несмотря на то, что полученные результаты плотности сравниваемых образцов имеют относительно небольшое различие между собой (в сухом состоянии – 2,07%, в водонасыщенном – 0,92%), тем не менее, разница водопоглощения оказывается существенной, составляет 47,17%. Данный эффект также наблюдается при анализе распространения кривых относительно друг друга: то есть на диаграммах плотностей мы наблюдаем относительно тесную связь, где даже имеет место их пересечение (по причине случайного порядка частных значений), тогда как на диаграмме водопоглощения кривые удалены друг от друга и, более того, характер идентичности кривизны двух кривых свидетельствует о наличии определенной закономерности влияния ледофобного покрытия на водопоглощающую способность материала.

Заключение

1. Технологической особенностью предложенного ледофобного покрытия является применение в его составе кератина, получаемого относительно не дорогим способом из отходов животноводческой промышленности. Ледофобное покрытие на основе кератина направлено на снижении адгезийного сопротивления ледяной корки бетонных дорог.

2. Лабораторные испытания по моделированию термических напряжений образцов с ледофобным покрытием показали значительное растрескивание ледяной корки с отслоением ее от поверхности бетона на 70% от общей площади поверхности образца. У образцов без ледофобного покрытия термические напряжения вызвали локальное растрескивание ледяной корки без ощутимого нарушения ее сплошности.

3. Испытания на водопоглощение также показали эффективность покрытия, ее способность препятствовать проникновению воды, и как следствие снижению тем самым площади контакта льда и бетона. Среднее значение водопоглощения образцов без покрытия на 47% превышает те же значения образцов с покрытием.

4. В целом результаты исследований показали эффективность применения покрытия для бетонных дорог в качестве ледофобного материала. Снижая общую площадь контакта от сплошной до точеной, проявляется необходимое нам свойство льда – его хрупкость, которая имеет меньшую способность сопротивляться механическому воздействию и разрушаться при контакте с колесом, тем самым снижая риск управления автотранспортом при отрицательных температурах.

Литература:

1. Петухов П.А. Цементобетон и асфальтобетон в экологическом аспекте дорожной отрасли. Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. 2013, Т. 2, 308-315.
2. Pacheco-Torgal F., Labrincha J. A. Biotech cementitious materials: Some aspects of an innovative approach for concrete with enhanced durability //Construction and Building Materials. 2013, V. 40, P. 1136-1141. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.09.080>
3. Пишембаев М. К., Ковалев Я. Н., Шевчук Л. И. Напряжения в цементно-бетонном покрытии от термического удара. Наука и техника. 2016, № 2.
4. Ганжа В. Разрушение снежно-ледяных образований механическим способом: монография – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012, 192 с.
5. Mundo R.D. et al. Recent Advances in Hydrophobic and Icephobic Surface Treatments of Concrete. Coatings. 2020, V. 10., № 5, P. 449. <https://doi.org/10.3390/coatings10050449>
6. Hossain S. M. K., Fu L., Lu C. Y. Deicing performance of road salt: Modeling and applications //Transportation Research Record. 2014, V. 2440, №.1, P. 76-84. <https://doi.org/10.3141/2440-10>
7. Chen J. et al. Robust prototypical anti-icing coatings with a self-lubricating liquid water layer between ice and substrate. ACS applied materials & interfaces. 2013, V. 5, №10, 4026-4030. <https://doi.org/10.1021/am401004t>
8. Борисюк Н. Зимнее содержание городских дорог: учебное пособие. М.: Инфра-Инженерия, 2019, 148 с.
9. Voinovich L. B. et al. Modus operandi of protective and anti-icing mechanisms underlying the design of longstanding outdoor icephobic coatings. ACS nano, 2019, V. 13., №. 4, 4335-4346. <https://doi.org/10.1021/acsnano.8b09549>
10. Jellinek H. H. G. Ice adhesion //Canadian journal of physics. 1962, V. 40, №10, 1294-1309.
11. Kahl S. C. Agricultural by-products for anti-icing and deicing use in Michigan. 2002, №. Research Report R-1418.
12. He Y. et al. Reducing ice adhesion by hierarchical micro-nano-pillars. Applied Surface Science, 2014, V. 305, 589-595. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.03.139>
13. Feng Z. et al. Integral hydrophobic concrete without using silane. Construction and Building Materials. 2019, V. 227, P.116678. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116678>
14. Jia Q. et al. Experimental study on adhesion strength of freshwater ice frozen to concrete slab. Advanced Materials Research. Trans Tech Publications Ltd, 2011, V. 243, P. 4587-4591. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.243-249.4587>
15. Bascom W. D., Cottington R. L., Singleterry C. R. Ice adhesion to hydrophilic and hydrophobic surfaces. The Journal of Adhesion, 1969, V. 1, №. 4, P. 246-263.
16. Chen H. et al. Anti-freezing asphalt concrete: ice-adhesion performance. Journal of materials science. 2018, V. 53, №. 7, P. 4781-4795.

17. Пат. 9111 РК. Кератиновый пенообразователь для получения пенобетона. Шинтемиров К., Айдарова С., Орынбеков С., Байболов С., Шинтемиров Т., Базарбаев А., Опубл. 15.06.2000.

References:

1. Petukhov P. A. *Cementobeton i asfal'tobeton v ekologicheskom aspekte dorozhnoj otrasli [Cement concrete and asphalt concrete in the ecological aspect of the road sector]*. *Ekologiya i nauchno-tehnicheskij progress. Urbanistika = Ecology and scientific and technological progress. Urbanistics*. 2013, 2, 308-315. (in Russ.)
2. Pacheco-Torgal F., Labrincha J. A. (2013) *Biotech cementitious materials: Some aspects of an innovative approach for concrete with enhanced durability*. *Construction and Building Materials*. 40:1136-1141. (in Eng.) <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.09.080>. (in Eng.)
3. Pshembaev M. K., Kovalev Y. N., Shevchuk L. I. *Napryazheniya v cementno-betonnom pokrytii ot termicheskogo udara [Stresses in the cement-concrete coating from thermal shock]* *Nauka i tehnika = Science and Technology*. 2016, 2. (in Russ.)
4. Ganzha V. (2012) *Razrushenie snezhno-ledyanyh obrazovaniy mekhanicheskim sposobom [Destruction of snow-ice formations by mechanical method]: monograph - Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 192. (in Russ.)*
5. Mundo RD et al. (2020) *Recent Advances in Hydrophobic and Icephobic Surface Treatments of Concrete*. *Coatings*:10, 5, 449. (in Eng.) <https://doi.org/10.3390/coatings10050449>.
6. Hossain SMK., Fu L, Lu CY (2014) *Deicing performance of road salt: Modeling and applications*. *Transportation Research Record*. 2440, 1, 76-84. (in Eng.) <https://doi.org/10.3141/2440-10>.
7. Chen J. et al. (2013) *Robust prototypical anti-icing coatings with a self-lubricating liquid water layer between ice and substrate*. *ACS applied materials & interfaces*. 5, 10, 4026-4030. (in Eng.) <https://doi.org/10.1021/am401004t>.
8. Borisyuk N. (2019) *Zimnee sodержanie gorodskih dorog: uchebnoe posobie [Winter maintenance of urban roads: a training manual] - Moscow: Infra-engineering, 148. (in Russ.)*
9. Boinovich L. B. et al. (2019) *Modus operandi of protective and anti-icing mechanisms underlying the design of longstanding outdoor icephobic coatings*. *ACS nano*. 13, 4, 4335-4346. (in Eng.) <https://doi.org/10.1021/acsnano.8b09549>.
10. Jellinek H. H. G. (1962) *Ice adhesion*. *Canadian journal of physics*. 40, 10, 1294-1309. (in Eng.)
11. Kahl S. C. (2002) *Agricultural by-products for anti-icing and deicing use in Michigan*. №Research Report R-1418. (in Eng.)
12. He Y. et al. (2014) *Reducing ice adhesion by hierarchical micro-nano-pillars*. *Applied Surface Science*. 305, 589-595. (in Eng.) <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.03.139>.
13. Feng Z. et al. (2019) *Integral hydrophobic concrete without using silane*. *Construction and Building Materials*. 227, 116678. (in Eng.) <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116678>.
14. Jia Q. et al. (2011) *Experimental study on adhesion strength of freshwater ice frozen to concrete slab*. *Advanced Materials Research*. Trans Tech Publications Ltd. 243, 4587-4591. (in Eng.) <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.243-249.4587>.
15. Bascom W. D., Cottington R. L., Singleterry C. R. (1969) *Ice adhesion to hydrophilic and hydrophobic surfaces*. *The Journal of Adhesion*. 1, 4, 246-263. (in Eng.)
16. Chen H. et al. (2018) *Anti-freezing asphalt concrete: ice-adhesion performance*. *Journal of materials science*. 53, 7, 4781-4795. (in Eng.)
17. Shintemirov K., Aidarova S., Orynbekov S., Baybolov S., Shintemirov T., Bazarbayev A. (2000) *Keratinovyy penoobrazovatel' dlya polucheniya penobntona [Keratin blowing agent for production of penobnton]*, Published 15.06.2000. Pat. RK 9111. (in Russ.)

Р.Е. Лукпанов¹, Д.С. Дюсембинов¹, Д.В. Цыгулев¹, С.Б. Енкебаев¹

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

Авторлар туралы ақпарат:

Лукпанов Рауан Ермагамбетович – PhD (ҚР БҒМ), қауымдастырылған профессор, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

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

Дюсембинов Думан Серикович – техника ғылымдарының кандидаты (ҚР ЖАК), доцент, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

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

Цыгулев Денис Владимирович – техника ғылымдарының кандидаты (ҚР ЖАК), доцент, ЕҰУ им.Л. Н. Гумилев, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

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

Енкебаев Серик Бейсенғалиевич – техника ғылымдарының кандидаты (ҚР ЖАК), PhD (ҚР БҒМ), доцент, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

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

ЦЕМЕНТБЕТОН ЖОЛДАРЫНЫҢ ЛЕДОФОБТЫ СІҢДІРУ ҚҰРАМЫНЫҢ МҰЗ ҚАБЫҒЫНЫҢ БЕТОНҒА АДГЕЗИЯЛЫҚ ТӨЗІМДІЛІГІНЕ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

Андатпа. *Цементбетон жолдарының ледофобты сіңдіру құрамы ұсынылады. Құрамы негізінде кератиносодержащих компоненттерін қоса отырып водорастворимого полимер. Сынақ нәтижелері ледофобты жабынның тиімділігін көрсетті, өйткені барлық тәжірибелерде жабынсыз үлгілер мұз қабығының жылу әсеріне төзімділігін және су сіңіру қабілетінің айтарлықтай айырмашылығын көрсетті.*

Түйін сөздер: *мұзды-фобты жабын, цемент-бетон жолдары, суды сіңіру, кератин.*

R.E. Lukpanov¹, D.S. Dyusembinov¹, D.V. Tsygulev¹, S.B. Yenkebayev¹

¹L.N. Gumilev Eurasian National University

Author information:

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

<http://orcid.org/0000-0003-0085-9934>, email: rauan_82@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>, email: dusembinov@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>, email: denis_riza_72@mail.ru

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

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

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF ICE-PHOBIC IMPREGNATION COMPOSITION OF CEMENT-CONCRETE ROADS ON THE ADHESIVE RESISTANCE OF ICE CRUST TO CONCRETE

Abstract. *An ice-phobic impregnation composition of cement-concrete roads has been proposed. The composition is based on keratin-containing components with the addition of a water-soluble polymer. The test results showed the effectiveness of the ice-phobic coating, as in all experiments the uncoated samples showed greater resistance of the ice crust to thermal influences and a significant difference in water absorption capacity.*

Keywords: *ice-phobic coating, cement-concrete roads, water absorption, keratin.*