

УДК 691.168

doi:10.20998/2413-4295.2017.23.04

## ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ ЗАМОРАЖИВАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ АСФАЛЬТОБЕТОНА

**Я. В. ИЛЬИН**

Кафедра технологии дорожно-строительных материалов и химии им. М.И. Волкова, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков, УКРАИНА  
email: yailin12011993@gmail.com

**АННОТАЦИЯ** Приведены результаты определения влияния воды, солевого раствора и циклического замораживания-оттаивания образцов на показатели прочности, времени жизни и средоустойчивости асфальтобетона. В ходе экспериментов было определено, что циклическое замораживание-оттаивание без дополнительных факторов оказывает незначительное влияние на прочность при изгибе, однако сказывается на прочности при сжатии; использование чистой воды вносит ощутимый вклад в потерю прочности асфальтобетона. Наибольшее негативное влияние на прогноз качества асфальтобетона оказывает циклическое замораживание-оттаивание с 5 % раствором соли.

**Ключевые слова:** асфальтобетон; вода; прочность при изгибе; солевой раствор; циклическое замораживание-оттаивание.

## INFLUENCE OF THE MEDIA OF FREEZING AT THE LIFE LENGTH OF ASPHALT CONCRETE

**YA. ILIYN**

Road construction materials and chemistry department named by M.I. Volkov, Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkov, UKRAINE

**ABSTRACT** According to the Kharkov hydro meteorological center there are about 50 freeze-thawing cycles per one winter in the Eastern Ukraine. Purpose of this investigation was definition of influence of water, saline solution and cyclic freeze-thaw of samples on the strength indicators, life length and resistance to media of asphalt concrete. Type "G" asphalt concrete with 6.5 % of bitumen with penetration grades 60/90 was investigated. It has been chosen because it is more homogeneous, which reduces the manifestation and influence of structural defects. In a result it was determined that cyclic freeze-thawing without additional factors slightly affects at flexible strength but strongly affects at compressive strength. It have been chosen two kinds of samples beam-samples (4\*4\*16 sm) and cylindrical samples (71.2 mm in diameter). The results of investigation are as follows: cyclic freeze-thawing with pure water makes perceptible contribution at strength loose of asphalt concrete in all investigated conditions. It was clarified that cyclic freeze-thawing renders the most negative affect at prediction of quality of asphalt concrete when it with 5 % saline solution. Separated influence of water without cyclic freeze-thawing has less destructive influence at the flexible strength and life length whereas influence of 5 % saline solution is much more aggressive for the asphalt concrete. To determine the stress state scheme, the degree of reduction in strength after the cyclic freeze-thawing, the compressive strength parameters along the generator in the condition of different rates of deformation of the initial samples and samples after residence in the air and water medium were made. This article also gives a summary, based on the experimental data of flexible strength, that the static load has its great negative influence on the asphalt concrete then dynamic one.

**Keywords:** asphalt concrete; bending strength; cyclic freeze-thaw; saline solution; water.

### Введение

За одну зиму в Восточной Украине по данным Харьковского гидрометцентра в период с 1.10.16 г. до 31.03.17 г. произошло более 50 переходов через 0 °С. Асфальтобетон подвергается воздействию влаги, которая поступает в него в осенний период, а также на протяжении зимы, так как асфальтобетон может нагреваться от постоянных проходов транспортных средств и периодических оттепелей. Вследствие этого на поверхности дороги образуется ледяной «панцирь», с которым борются путём распределения по поверхности дороги песчано-соляной смеси (наиболее распространённой является смесь, содержащая около 20 % соли). Для этого используют техническую соль (NaCl). Соль, попадая на лед,

начинает образовывать солевой раствор, температура замерзания которого значительно (на 12-17 градусов) ниже температуры замерзания чистой воды. Благодаря этому, лёд начинает таять. Этот фактор лежит в основе химической составляющей борьбы с зимней скользкостью. Песок, тем временем, повышает степень сцепления с дорогой до тех пор, пока соль не растопит лёд. Солевой раствор проникает в асфальтобетон и циклическое замораживание-оттаивание (ЦЗО) проходит уже в солевом растворе.

### Цель работы

Определение влияния различных сред на показатели времени жизни – долговечность

асфальтобетона. В данной работе рассмотрено влияние воды и солевого раствора на асфальтобетон, выдержанный при температуре плюс 20 °С и подвергнутый ЦЗО. Эта проблема широко исследуется в мире разными авторами в Китае, США, Канаде, Словакии, Турции и других странах [1-5].

В работах [1-4] рассмотрено влияние ЦЗО в воде и солевом растворе на асфальтобетон. Однако авторами использованы условия воздействия низких температур, специальный состав, продолжительность и количество циклов, не характерные для Украины. В частности в Украине, согласно требованиям нормативных документов [6], концентрация соли в воде должна достигать 5 %. Это согласуется с данными [4], согласно которым при содержании соли менее 3 % показатели прочности асфальтобетона изменяются незначительно.

### Изложение основного материала

Исследован асфальтобетон типа «Г» (табл. 1) с содержанием битума (БНД 60/90) 6,5 %. Выбор этого типа асфальтобетона обусловлен большей, чем у

других асфальтобетонов, степенью однородности, что уменьшает проявление и влияние структурных дефектов.

Принятый для приготовления битум марки БНД 60/90 характеризуется: пенетрацией при температуре 25 °С – 81\*0,1мм; температурой размягчения – 50,5 °С; дуктильностью при температуре 25 °С – 94 см; температурой хрупкости – минус 16 °С.

Асфальтобетон подвергался ЦЗО с продолжительностью цикла 8 часов (4 часа замораживания и 4 часа оттаивания). Температура замораживания составляла минус 25 °С ± 1 °С; температура оттаивания – плюс 20 °С ± 1 °С. Эти температуры отвечают требованиям [6], а также использованы другими исследователями [7]. Выдерживание образцов на воздухе или в среде без воздействия мороза соответствовало времени, затраченному на проведение ЦЗО, и составляло 30 суток. Образцы-цилиндры подвергали ЦЗО в воде и на воздухе а затем испытывали на прочность при сжатии и на раскол при разных скоростях.

Таблица 1 – Зерновой состав асфальтобетонной смеси типа Г

Исходные материалы	Долевое содержание материалов Д0	Содержание (%) зёрен крупнее приведённого размера, мм (полные остатки)							
		5,0	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,07	мельче 0,075
Песок искусственный гранитный	0,60	-	24,0	43,9	60	60	60	60	60
Песок природный кварцевый	0,25	-	0,01	0,05	0,89	8,38	22,24	24,81	25
Минеральный порошок известняковый	0,15	-	0,05	0,05	0,12	0,41	2,21	5,97	15
Полные остатки на ситах	1,00	-	24,06	44,00	61,01	68,79	84,45	90,78	100
Нормативные пределы полных остатков для смеси типа Г по ДСТУ Б.В.2.7-119		0-5	17-32	33-55	50-72	62-82	76-89	84-92	100

Для испытаний брали образцы-балки (размерами 4x4x16см) и цилиндры (диаметр 71,2 мм). Балки испытывали на прочность при изгибе и на ползучесть (время «жизни», долговечность) балок под нагрузкой, равной 20 % от исходной разрушающей (табл. 2.).

Испытания по определению времени жизни образцов (долговечности), осуществляли с помощью рычажного пресса, на воздухе при постоянной температуре +21 °С. В качестве схемы испытания использовался четырёхточечный изгиб [8]. Образцы предварительно термостатировали на протяжении 2 часов при температуре +21 °С до начала испытания. Термостатированные образцы устанавливали на нижние опорные рифли, затем прикладывали нагрузку, через загрузочные рифли, отвечающую 20 % от разрушающей при скорости изгиба 3 мм/мин.

Таблица 2 – Показатели прочности и времени жизни образцов-балок до и после воздействия негативных факторов

Условия испытаний	Прочность при изгибе, МПа	Время жизни, с	Коэффициент устойчивости	
			по прочности при изгибе	по времени жизни
Исходные значения	3,24	15176	-	-
После 50 ЦЗО на воздухе	3,12	15128	0,96	1,00
После 50 ЦЗО в воде	2,05	5454	0,63	0,36
После 50 ЦЗО в солёной воде	0,96	280	0,30	0,02
После 30 дней в солёной воде	2,66	12501	0,82	0,82

Таблица 3 – Показатели прочности на сжатие и раскол образцов-цилиндров до и после ЦЗО на воздухе и в воде

Условия испытаний	Прочность на сжатие, МПа	Прочность на раскол при скорости 3 мм/мин, МПа	Прочность на раскол при скорости 50 мм/мин, МПа	Коэффициент устойчивости		
				по прочности на сжатие	по прочности на раскол при скорости 3 мм/мин	по прочности на раскол при скорости 50 мм/мин
Исходные значения	5,15	0,98	2,01	-	-	-
После 50 ЦЗО на воздухе	4,05	0,62	1,58	0,79	0,63	0,79
После 50 ЦЗО в воде	3,85	0,46	1,05	0,75	0,47	0,52

В результате испытаний было установлено, что наибольший урон асфальтобетону наносят ЦЗО асфальтобетона, насыщенного 5 % раствором соли. Результаты испытаний образцов цилиндрической формы приведены в табл. 3.

Для установления схемы напряженного состояния, степени уменьшения прочности после ЦЗО были определены показатели прочности при сжатии по образующей в условии разных скоростей деформирования исходных образцов и образцов после пребывания в воздушной и водной среде (Табл. 3.)

### Обсуждение результатов

Результаты исследования, представленные в таблицах 2 и 3, показали, что самое ошутимое воздействие оказывает именно ЦЗО в 5 % солевом растворе. При таком воздействии прочность при изгибе падает на 70 %, по сравнению с исходными значениями, а время «жизни» (долговечность) – на катастрофические 98 %. Отдельное воздействие воды сказывается меньше и; за такой же промежуток времени, равный 30 суткам, прочность при изгибе снизилась лишь на 4 %. Солевой раствор является

более агрессивным и снижает прочность при изгибе и время «жизни» на 18 %.

В то же время, результаты исследования ЦЗО на воздухе согласуются с данными [7, 9], где установлено, что при попеременном воздействии отрицательных и положительных температур, снижается его прочность. При этом, прочность на сжатие снизилась на 21 %. Одновременное воздействие низких температур и воды оказывает более сильное влияние на показатели прочности, что подтверждают данные [10], и усугубляет негативную динамику в отношении прочности при изгибе и при сжатии, а также время «жизни» образцов под воздействием 20 % от разрушающей нагрузки. Прочность при изгибе снизилась на 37 %, прочность при сжатии – на 25 %, что лишь на 4 % ниже, чем при ЦЗО на воздухе, без воздействия каких-либо растворов или жидкостей, время «жизни» снизилось на 64 %. В связи с этим можно сделать вывод, что воздействие статической нагрузки после ЦЗО негативно сказывается на прочности асфальтобетона.

Согласно этим данным, для большей наглядности, была построена столбчатая диаграмма (см. рис. 1).

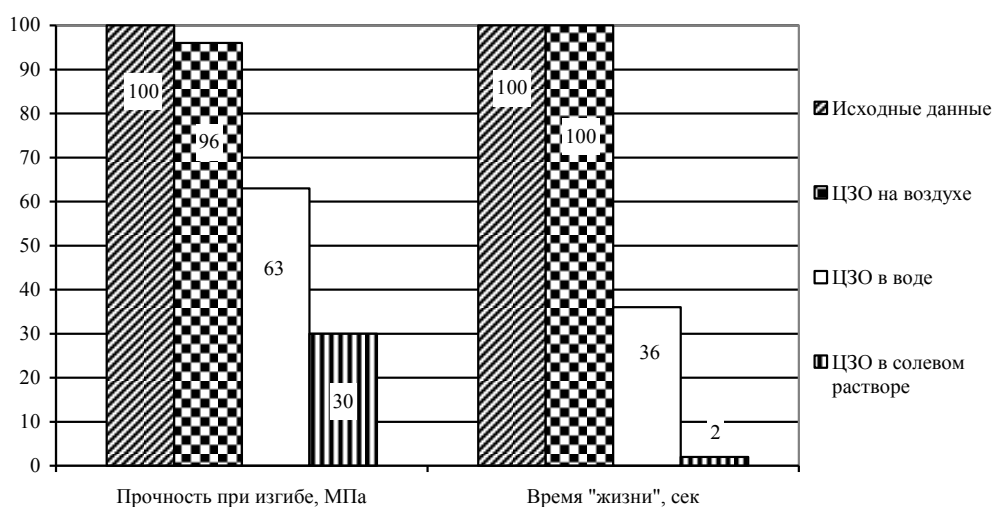


Рис. 1 – Потеря прочностных свойств асфальтобетона (в %) под влиянием ЦЗО (Исходное значение принято за 100 %)

Из рисунка видно, что ЦЗО на воздухе не сказалось на времени «жизни» и слабо (на 4 %) повлияло на прочность при изгибе. Однако другие компоненты, неотъемлемо следующие за ЦЗО в реальных условиях зимой, такие как вода и соль, на 70 % снижают показатели прочности при изгибе и оставляют лишь 2 % от исходного времени «жизни» образцов.

### Выводы

В результате выполненного исследования было определено, что ЦЗО в воздушной среде оказывает незначительное влияние на прочность при изгибе, однако сказывается на прочности при сжатии (потеря прочности на 22 %).

ЦЗО в воде приводит к значительной потере прочности асфальтобетона и его времени жизни.

Наибольшее негативное влияние на качество асфальтобетона оказывает ЦЗО в 5 % солевом растворе, который может проникать в асфальтобетон в период оттепелей зимой.

### Список литературы

1. **Tang, N.** Damage and corrosion of conductive asphalt concrete subjected to freeze-thaw cycles and salt / **N. Tang, C. J. Sun, S. X. Huang, S. P. Wu** // *Journal Materials Research Innovations*. – 2013. – Vol. 17. – P. 240–245. – doi: 10.1179/1432891713Z.000000000223.
2. **Mohab, El-Hakim.** Impact of Freeze-Thaw Cycles on Mechanical Properties of Asphalt Mixes / **Mohab El-Hakim** // *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. – 2014. – Vol. 2444. – P. 20–27. – doi: 10.3141/2444-03.
3. **Decheng, F.** Impact of salt and freeze-thaw cycles on performance of asphalt mixtures in coastal frozen region of China / **F. Decheng, Y. Junyan, W. Dongsheng, C. Liangliang** // *Cold Regions Science and Technology*. – 2010. – Vol. 62, Issue 1. – P. 34–41. – doi: 10.1016/j.coldregions.2010.02.002.
4. **Wei, S.** Impact of freeze-thaw cycles on compressive characteristics of asphalt mixture in cold regions / **S. Wei, L. Ning, M. Biao, R. Junping, W. Hainian, H. Jian** // *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.* – 2015. – Vol. 30. – Issue 4. – P. 703–709. – doi: 10.1007/s11595-015-1215-5.
5. **Özgan, E.** Investigation of certain engineering characteristics of asphalt concrete exposed to freeze-thaw cycles / **E. Özgan, S. Serin** // *Cold Regions Science and Technology*. – 2013. – Vol. 85. – P. 131–136. – doi: 10.1016/j.coldregions.2012.09.003.
6. СОУ 42.1-37641918-110:2014 Метод визначення показника морозостійкості. Київ, 2014.
7. **Чуракина, О. Е.** Влияние отрицательных температур на устойчивость структуры асфальтобетона // **О. Е. Чуракина** // *канд. Диссертация*. – М. – 1990. – 154 с.
8. **Хамад, Р. А.** Оценка устойчивости асфальто- и асфальтополимербетонных к жидким агрессивным средам / **Р. А. Хамад** // *канд. диссертация*. – Х. – 2015. – 187 с.
9. **Головко, В. А.** Исследование водо- и морозостойкости горячих и тёплых асфальтобетонов / **В. А. Головко** // *канд. диссертация*. – Х. – 1978. – 248 с.
10. **Wei, S.** Reliability-based assessment of deteriorating performance to asphalt pavement under freeze-thaw cycles in cold regions / **S. Wei, M. Biao, L. Ning, J. Ren, H. Wang** // *Construction and Building Materials*. – 2014. – Vol. 68. – P. 572–579. – doi: 10.1016/j.conbuildmat. 2014.07.004.

### Bibliography (transliterated)

1. **Tang, N., Sun, C. J., Huang, S. X., Wu, S. P.** Damage and corrosion of conductive asphalt concrete subjected to freeze-thaw cycles and salt. *Journal Materials Research Innovations*, 2013, 17, 240-245, doi: 10.1179/1432891713Z.000000000223.
2. **Mohab, El-Hakim.** Impact of Freeze-Thaw Cycles on Mechanical Properties of Asphalt Mixes. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2014, 2444, 20-27, doi: 10.3141/2444-03.
3. **Decheng, F. Junyan, Y., Dongsheng, W., Liangliang, C.** Impact of salt and freeze-thaw cycles on performance of asphalt mixtures in coastal frozen region of China. *Cold Regions Science and Technology*, 2010, 62, 1, 34-41, doi: 10.1016/j.coldregions.2010.02.002.
4. **Wei, S., Ning, L., Biao, M., Junping, R., Hainian, W., Jian, H.** Impact of freeze-thaw cycles on compressive characteristics of asphalt mixture in cold regions. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.*, 2015, 30, 4, 703-709, doi: 10.1007/s11595-015-1215-5.
5. **Özgan, E., Serin, S.** Investigation of certain engineering characteristics of asphalt concrete exposed to freeze-thaw cycles. *Cold Regions Science and Technology*, 2013, 85, 131-136, doi: 10.1016/j.coldregions.2012.09.003.
6. СОУ 42.1-37641918-110:2014 Метод визначення показника морозостійкості. Kyiv, 2014.
7. **Churakina, O. E.** Vliyanie otritsatel'nyh temperatur na ustojchivost' struktury asfal'tobetona. *kand. dissertacija*, M, 1990, 154.
8. **Hamad, R. A.** Ocenka ustojchivosti asfal'to- i asfal'topolimerbetonov k zhidkim aggressivnym sredam. *kand. dissertacija*, Kh, 2015, 187.
9. **Golovko, V. A.** Issledovanie vodo- i morozostojkosti gorjachih i tjoplyh asfal'tobetonov. *kand. dissertacija*, Kh, 1978, 248.
10. **Wei, S., Biao, M., Ning, L., Ren, J., Wang, H.** Reliability-based assessment of deteriorating performance to asphalt pavement under freeze-thaw cycles in cold regions, *Construction and Building Materials*, 2014, 68, 572-579, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.07.004.

**Сведения об авторах (About the Authors)**

**Ильин Ярослав Викторович** – аспирант, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, кафедра технологии дорожно-строительных материалов и химии им. М. И. Волкова, г. Харьков, Украина; e-mail: yailin12011993@gmail.com.

**Yaroslav Piyn** – graduate student, Kharkiv National Automobile and Highway University, Department of road-constructing materials technology and chemistry named by M. I. Volkov, Kharkiv Ukraine; e-mail: yailin12011993@gmail.com.

*Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Ильин, Я. В.** Влияние среды замораживания на показатели времени жизни асфальтобетона / **Я. В. Ильин** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2017. – № 23(1245). – С. 22-26. – doi:10.20998/2413-4295.2017.23.04.

*Please cite this article as:*

**Piyn, Ya. V.** Influence of the media of freezing at the life length of asphalt concrete. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017, **23** (1245), 22–26, doi:10.20998/2413-4295.2017.23.04.

*Будь ласка, посилайтеся на цю статтю таким чином:*

**Ільїн, Я. В.** Вплив середовища заморожування на показники часу життя асфальтобетону / **Я. В. Ільїн** // *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях.* – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 23(1245). – С. 22-26. – doi: 10.20998/2413-4295.2017.23.04.

**АНОТАЦІЯ** Наведено результати визначення впливу води, циклічного заморожування-відтавання на показники міцності, часу життя та у середо стійкості асфальтобетону. В результаті було визначено, що циклічне заморожування-відтавання без додаткових факторів незначно впливає на міцність при вигині, але відображається на міцності при стиску, використання чистої води дає вагомий внесок до втрати міцності асфальтобетону. Найбільш негативно впливає на прогноз якості асфальтобетону використання 5 % розчину солі при циклічному заморожуванні-відтаванні.

**Ключові слова:** асфальтобетон; вода; міцність при вигині; сольовий розчин; циклічне заморожування-відтавання.

*Поступила (received) 31.05.2017*