

УДК 625.855

**В. Ю. Иливанов, М. Г. Салихов****ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОГО  
ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА  
ПРИ ДЕЙСТВИИ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ**

*Рассмотрены теоретические основы изменения прочности твердых тел при действии агрессивных сред на примере щебеночно-мастичных асфальтобетонов. Изучено влияние на долговечность модифицированного щебеночно-мастичного асфальтобетона с отсевами дробления известняков одновременного воздействия нагрузок и высоких температур. Показано, что предложенный щебеночно-мастичный асфальтобетон, по сравнению с щебеночно-мастичным асфальтобетоном классического состава, при длительном действии высоких температур подвержен процессам старения в меньшей степени. Методами длительного нагрева щебеночно-мастичной смеси и длительного водонасыщения щебеночно-мастичного асфальтобетона из нее установлена также более высокая коррозионная устойчивость предложенного состава.*

**Ключевые слова:** битум; долговечность; щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА); отсевы дробления известняка (ОДИ); модификация.

**Введение.** Асфальтовый бетон в процессе работы в дорожных покрытиях подвергается воздействию комплекса атмосферных факторов и со временем изменяет свои свойства. Одной из причин разрушения асфальтобетонных покрытий является старение битума, входящего в состав материала, что связано с потерей им вязкопластических свойств. Это обуславливается испарением масел, входящих в состав битумов.

Исследования и практика последних лет показывают, что направленное улучшение свойств битума путем его модификации является одним из наиболее эффективных способов повышения долговечности асфальтобетона [1]. Однако в некоторых случаях применение модификаторов приводит к усложнению технологии выполнения работ, к удорожанию строительства без заметного увеличения долговеч-

ности, к односторонним эффектам, проявляющимся в отдельных случаях. Это вызывает потребность в расширении номенклатуры модификаторов для более гибкого регулирования свойств асфальтобетона с учетом разнообразнейших условий его эксплуатации в зависимости от расположения асфальтобетонных слоев в конструкции дорожной одежды, от параметров транспортной нагрузки, от климатических параметров и др. Одним из путей решения данной проблемы является замена некоторой части дисперсных частиц асфальтобетонов, в том числе и щебеночно-мастичных, отходами дробления местных малопрочных каменных материалов.

В ранее проведенных исследованиях с положительной стороны проявил себя ЩМА с ОДИ. Как показали специальные исследования и наблюдения за построенным опытным участком на автодороге

Йошкар-Ола – Козьмодемьянск – Чебоксары, покрытия из данного материала полностью отвечают требованиям, предъявляемым к их эксплуатационным характеристикам, а по некоторым показателям – имеют преимущества [2]. Однако при этом наблюдается некоторый рост требуемого расхода вяжущего для приготовления ЩМА смеси. С целью снижения требуемого расхода вяжущего были испытаны некоторые отходы химической промышленности Чувашской Республики.

В ходе проведенных лабораторных исследований был подобран состав минеральной части и установлен оптимальный расход вяжущего в составе ЩМА с ОДИ на битумном вяжущем БНД 60/90, равный 6,5 % (сверх 100 %).

Хорошие результаты были достигнуты за счет применения в битумном вяжущем 0,5 % кубовых отходов производства «Новантокс 8ПФДА». Введение добавки кубовых отходов в смесь ЩМА с ОДИ позволяет снизить количество вяжущего до 5,8 %, при этом предел прочности при сжатии при 50 °С уменьшается незначительно, в то время как прочность при сжатии водонасыщенных образцов увеличивается на 9,0 %, улучшаются показатели водостойкости и средней плотности. Нефтяной дорожный битум марки БНД 60/90 с добавкой кубовых отходов показал повышенное сцепление с песком, улучшение показателя температуры хрупкости вяжущего, поэтому дальнейшее изучение долговечности данного щебеночно-мастичного асфальтобетона на модифицированном вяжущем представляет научный и практический интерес.

**Целью** работы является снижение себестоимости щебеночно-мастичных асфальтобетонов за счет снижения потребности в битумном вяжущем при сохранении и улучшении его эксплуатационных свойств по сравнению с классическими составами.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд **задач**:

- установить температурную устойчивость образцов ЩМА при длительном действии нагрузки и высокой температуры;

- оценить коррозионную стойкость ЩМА смесей, а также изменение свойств образцов при длительном водонасыщении.

#### **Аналитическое моделирование.**

Долговечность ЩМА в значительной степени зависит от скорости протекания процессов старения пленок битума на поверхности минеральных материалов. Интенсивное старение битума происходит уже на стадии приготовления смеси, в процессе объединения вяжущего с минеральными материалами, разогретыми до высоких технологических температур. Поэтому исследование процессов старения битума БНД 60/90 при взаимодействии с добавкой кубовых отходов производства «Новантокс 8ПФДА» и ЩМА с ОДИ на его основе представляет значительный интерес.

При оценке долговечности асфальтобетона необходимо выбирать такие показатели и условия, которые характеризуют напряженное состояние дорожного покрытия при наиболее характерных возможных причинах его разрушения. К таким основным показателям модифицированного ЩМА могут быть отнесены:

- температурная устойчивость при длительном действии нагрузки и высокой температуры;

- коррозионная устойчивость при длительном нагревании смеси;

- изменение свойств при длительном водонасыщении образцов.

**Техника эксперимента.** Для проведения испытаний были приготовлены асфальтобетонные смеси следующих составов, % по массе:

-1 состав (ЩМА с ОДИ на модифицированном вяжущем): щебень М 1400 – 72,0; ОДИ – 28,0; вяжущее – 5,8 (св. 100 %); вяжущее состоит, в % по массе: битума БНД 60/90 – 99,5 и кубовых отходов – 0,5;

-2 состав (ЩМА с ОДИ на битуме БНД 60/90): щебень М 1400 – 72,0; ОДИ – 28,0; битум БНД 60/90 – 6,5 (св. 100 %).

Метод определения температурной устойчивости образцов предложен Е.В. Вайнштейном [2] и заключается в определении деформации образцов под нагрузкой, равной удельному давлению от колеса автомобиля  $p = 0,6$  МПа при изменении температуры от  $+20$  до  $+50$  °С. Стандартный образец асфальтобетона устанавливается между плитами механического пресса УП-7 и нагружается расчетной нагрузкой, равной удельному давлению колеса автомобиля на поверхность дороги 0,6 МПа. Площадь образца равна  $40$  см<sup>2</sup>. Таким образом, требуется нагрузка 4,2 кг на образец с учетом масштаба прессы 1:50. Во время проведения испытаний с помощью индикаторов часового типа с точностью отсчета 0,01 мм определяются продольные деформации образцов. Продольная деформация образца происходит при изменении температуры образца от 20 до 50 °С и далее до разрушения образца поддерживается температура 50 °С. Постоянная температура поддерживалась с помощью рефлекторов. За окончание эксперимента принимается разрушение образца.

Важным свойством асфальтобетона, предопределяющим долговечность материала, является устойчивость его структуры в условиях изменяющегося влажностного и температурного режимов. Свойства асфальтобетонов, склонных к хрупкому

разрушению по мере его старения, способствуют его коррозии [1, 2]. Изучение свойств модифицированного ЩМА, склонного к хрупкому разрушению по мере его старения под действием сверхнормативной нагрузки от транспортных средств, является актуальной проблемой.

Метод определения коррозионной устойчивости модифицированного ЩМА заключается в определении физико-механических свойств образцов при длительном нагревании смеси.

Температура нагрева ЩМА смеси была постоянной и составила 150 °С. Время нагрева смеси составляло: 1...2...4...6 часов. Физико-механические свойства смеси при длительном нагревании определялись по известной методике, описанной ГОСТ [1].

**Интерпретация результатов.** На рис. 1 представлены графики зависимости деформации образцов ЩМА от времени.

График зависимости средней плотности образцов от времени прогрева приведен на рис. 2.

График зависимости водонасыщения образцов от времени прогрева приведен на рис. 3.

График зависимости предела прочности на сжатие образцов при температуре  $t = 20$  °С от времени прогрева представлен на рис. 4.

График зависимости предела прочности на сжатие образцов при температуре  $t = 50$  °С от времени прогрева представлен на рис. 5.

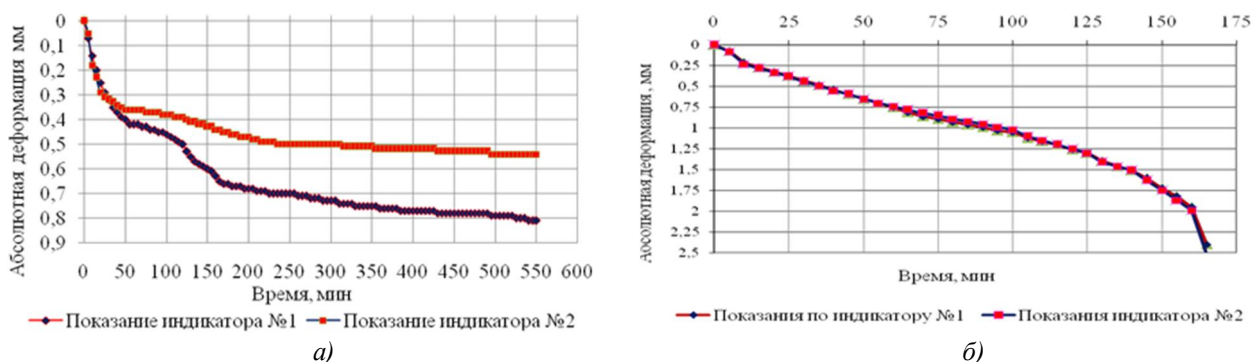


Рис. 1. Графики зависимости деформации образцов от времени:  
а) модифицированного ЩМА; б) ЩМА с ОДИ

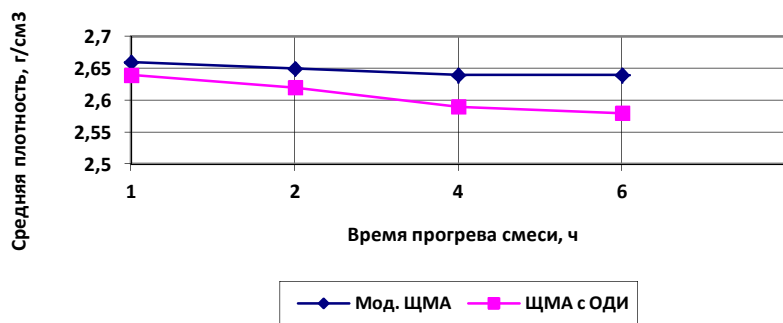


Рис. 2. График зависимости средней плотности образцов от времени прогрева смеси

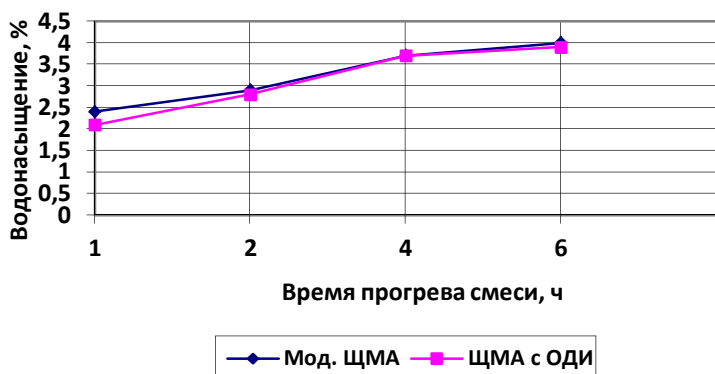


Рис. 3. График зависимости водонасыщения от времени прогрева смеси

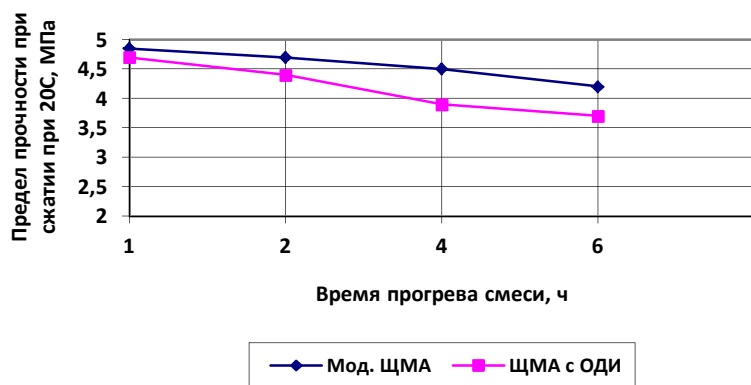


Рис. 4. График зависимости предела прочности на сжатие образцов при температуре  $t = 20^{\circ}\text{C}$  от времени прогрева смеси

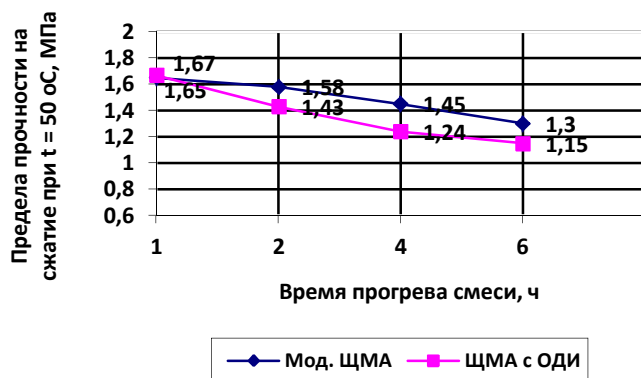


Рис. 5. График зависимости предела прочности на сжатие образцов при температуре  $t = 50^{\circ}\text{C}$  от времени прогрева смеси

Для оценки процессов старения ЩМА в процессе нагревания смеси устанавливаются значения коэффициента теплостойкости ( $K_T$ ), который определяется по формуле:

$$K_T = \frac{R_{сж}^{50^{\circ}C}}{R_{сж}^{20^{\circ}C}}, \quad (1)$$

где  $R_{сж}^{50^{\circ}C}$  – предел прочности при сжатии при температуре  $t = +50^{\circ}C$ ;  $R_{сж}^{20^{\circ}C}$  – предел прочности при сжатии при температуре  $t = +20^{\circ}C$ .

График зависимости коэффициента теплостойкости образцов из ЩМА с ОДИ от времени прогрева смеси представлен на рис. 6.

Стандартные испытания ЩМА предусматривают длительное выдерживание образцов в воде в течение 15 суток и получение коэффициента водостойкости при

длительном водонасыщении в зависимости от показателей предела прочности при  $20^{\circ}C$ , что не позволяет объективно судить о характере изменения физико-механических свойств в течение длительного водонасыщения [4]. В связи с этим были выполнены исследования по определению физико-механических свойств образцов модифицированного ЩМА в условиях изменяющегося влажностного режима.

На рис. 7. представлен график зависимости предела прочности на сжатие образцов при температуре  $t = 20^{\circ}C$  от времени водонасыщения.

График зависимости предела прочности на сжатие образцов при температуре  $t = 50^{\circ}C$  от времени водонасыщения представлен на рис. 8.

График зависимости водонасыщения образцов от времени водонасыщения представлен на рис. 9.

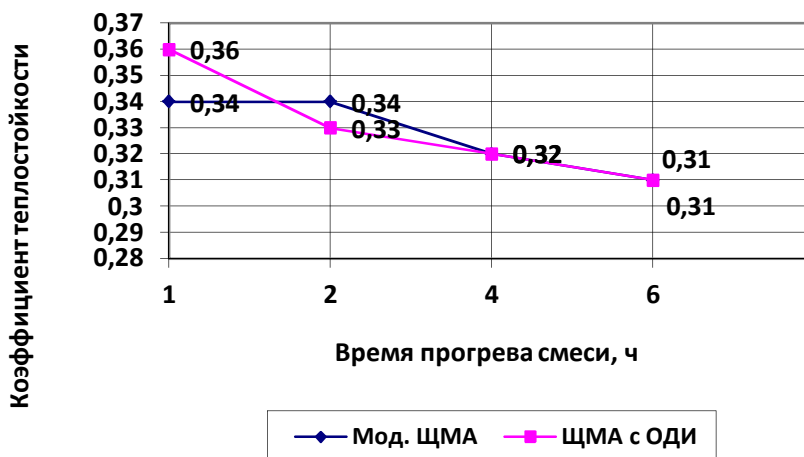


Рис. 6. График зависимости коэффициента теплостойкости образцов от времени прогрева смеси

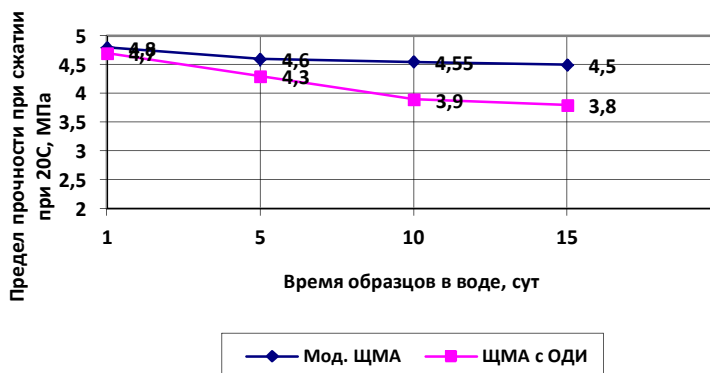


Рис. 7. График зависимости предела прочности на сжатие образцов при температуре  $t = 20^{\circ}C$  от времени водонасыщения

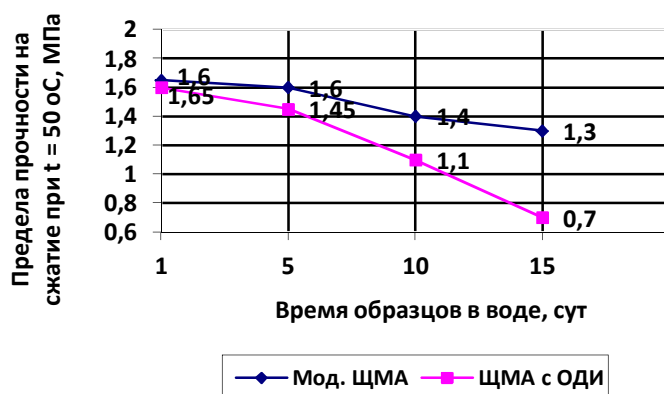


Рис. 8. График зависимости предела прочности на сжатие образцов при температуре  $t = 50^{\circ}\text{C}$  от времени водонасыщения

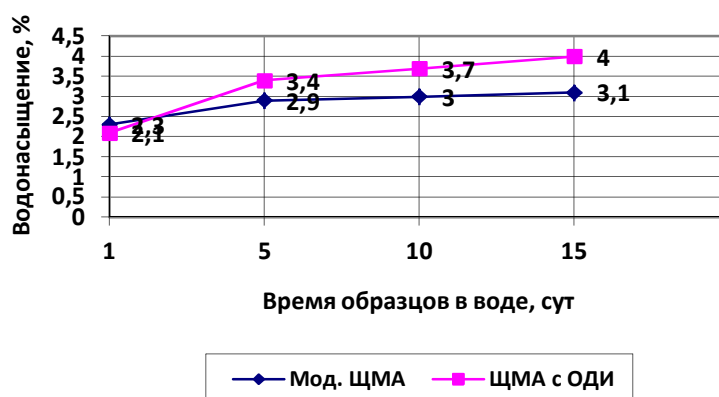


Рис. 9. График зависимости водонасыщения образцов от времени водонасыщения

**Выводы.** Результаты проведенных исследований показали, что при приготовлении ЩМА с ОДИ, взамен дробленого песка, минерального порошка и стабилизирующей добавки, снижаются значения средней плотности, водонасыщения, прочности на сжатие образцов при температуре  $t = 20^{\circ}\text{C}$ . В то же время значения прочности при  $t = 50^{\circ}\text{C}$  и, соответственно, коэффициента теплостойкости покры-

тия из такого материала выше. При добавлении в ЩМА с ОДИ модифицирующей добавки удается повысить его устойчивость в агрессивных средах – в воде и коррозионную стойкость – при длительном нагреве, т.е. стойкость против старения. При этом процессы старения битума в образцах модифицированного ЩМА протекают менее интенсивно, чем в смеси и в ЩМА без добавки.

#### Список литературы

1. Горельшев, Н. В. Дорожный асфальтобетон / Н. В. Горельшев, А. М. Богуславский, Л. Б. Гезенцевей, И. В. Королев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1985. – 350 с.

2. Вайнштейн, Е.В. Влияние длительного нагревания на процессы старения и физико-механические свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона с добавками отсевов дробления известняков / Е.В. Вайнштейн, М.Г. Салихов // Вестник МарГТУ. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2010. – № 2 (9). – С. 82-86.

#### References

1. Gorelyshev N. V., Boguslavskiy A.M., Gezentsvey L.B., Korolev I.V. Dorozhnyy asfaltobeton, 2-e izdanie, pererab. i dor. [Road Asphalt Concrete. 2d edition, revised and improved]. Moscow, Transport Publ., 1985. 350 p.

2. Vainshtein E.V., Salikhov M.G. Vliyaniye dlitel'nogo nagrevaniya na protsessy stareniya i fiziko-mekhanicheskie svoystva shchebenochno-mastichnogo asfaltobetona s dobavkami otsefov drobleniya izvestnyakov [Influence of Long-Term Heating on Aging Processes and Physical and Mechanical Properties of Macadam-Mastic Asphalt Concrete with Sifting out of Limestone Crushing]. Vestnik MarGTU. Ser.: Les.

3. *Кирюхин, Г.Н.* Проектирование состава асфальтобетона и методы его испытаний / Г. Н. Кирюхин//Автомобильные дороги и мосты: обзорн. информация.– М.: ФГУП «Информавтотдор», 2005.– Вып. 6.– 96 с.

4. ГОСТ 31015–2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия. – Введ. 2003–01–01.– М.: ГУП ЦПП, 2003.– 21 с.

Ekologiya. Prirodopolzovanie [Vestnik of MarS-TU.Ser.:Forest.Ecology.Nature Management]. 2010. No 2 (9). P. 82-86.

3. *Kiryukhin G.N.* Proektirovanie sostava asfaltobetona i metody ego ispytaniy [Planning of Bituminous Concrete Composition and Methods of its Tests]. Avtomobilnye dorogi i mosty: obzorn. inform. [Highways and Bridges: Survey Information]. Moscow: FGUP «Informavtodor», 2005. Vol. 6. 96 p.

4. GOST 31015–2002. Smesi asfaltobetonnye i asfaltobeton shchebenochno-mastichnye. Tekhnicheskie usloviya. Vved. 2003–01–01 [All Union State Standard 31015–2002. Asphalt-Concrete and Macadam-Mastic Mixtures. Introduced in 2003–01–01]. Moscow: GUP TsPP, 2003. 21 p.

Статья поступила в редакцию 15.03.12.

*ИЛИВАНОВ Виктор Юрьевич* – аспирант кафедры автомобильных дорог, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – регулирование свойств дорожных битумов и асфальтобетонов, применение местных материалов в дорожном строительстве. Автор шести публикаций.

E-mail: [ilivanovv@rambler.ru](mailto:ilivanovv@rambler.ru)

*САЛИХОВ Мухаммет Габдулхаевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильных дорог, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – физико-химические процессы и экологические аспекты производства и применения дорожно-строительных материалов. Автор 190 публикаций, 10 патентов и авторских свидетельств СССР и РФ на изобретения.

E-mail: [SalihovMG@volgatech.net](mailto:SalihovMG@volgatech.net)

*ILIVANOV Viktor Yurievich* – Postgraduate Student at the Chair of Auto Roads, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interest – paving bitumen and bituminous concretes property regulation, application of local materials in road construction. The author of six publications.

E-mail: [ilivanovv@rambler.ru](mailto:ilivanovv@rambler.ru)

*SALIKHOV Mukhammet Gabdulkhayevich* – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head at the Chair of Auto Roads, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interest – physical and chemical processes and environmental aspects of production and application of road materials. The author of 190 publications, 10 patents and inventor's certificates of the USSR and RF.

E-mail: [SalihovMG@volgatech.net](mailto:SalihovMG@volgatech.net)

*V. Yu. I Ivanov, M. G. Salikhov*

## **STUDY OF THE MODIFIED MACADAM-MASTIC ASPHALT CONCRETE LIFESPAN IN CORROSION MEDIUM**

**Key words:** bitumen; lifespan; macadam-mastic asphalt concrete; sifting out of limestone crushing; development.

Usage of the modifiers for improvement of asphalt concrete lifespan often leads to complication of work delivery technology and rise in price of road construction. At that, roads lifespan does not increase for certain. One of the possible ways of the problem solution is substitution of some part of the dispersed particles of macadam-mastic asphalt concrete with waste products of local soft aggregates. However in this case, over-expenditure of binding substance is observed.

The target of the research is to reduce production costs of macadam-mastic asphalt concrete owing to reduction in requirement in asphalt binder, saving and improvement of its performance properties in comparison with classic compositions.

According to the research results of E.V. Vainshtein and surveillance over experimental part of motor road «Yoshkar-Ola – Kozmodemyansk– Cheboksary», covering of macadam-mastic asphalt concrete with sifting out of limestone crushing fully comply with the requirements, presenting to its performance characteristics. However, some rise of flow requirement of binding for preparation of macadam-mastic asphalt concrete mixture composition 7,5 % is observed. In order to reduce the flow requirement of binding, some mixtures of macadam-mastic asphalt concrete with sifting out of limestone crushing and addition of some chemical wastes were tested. Some achieved in the laboratory conditions results let us speak about performance improvement of the asphalt concrete with reduced to 5,8 % of binding construction bitumen 60/90. The considered in the article mixtures are as follows:

- 1 mixture with reduced percentage of binding, but with waste additive;
- 2 mixture with optimum percentage of binding.

To calculate lifespan of the offered mixture of the modified macadam-mastic asphalt concrete the indicators which characterize strenuous conditions of road surface under the most possible reasons of its destruction are chosen:

- thermal tolerance under long-term load and high temperature;
- corrosion resistance under long-term heating of mixture;
- properties change under water saturation.

As a result of the research of addition into macadam-mastic asphalt concrete with sifting out of limestone crushing of the modified additive, it was managed to improve its tolerance to corrosive medium ( water ) and improve its corrosion resistance under long heating, i.e. resistance to ageing. At that, aging processes of bitumen in the modified macadam-mastic asphalt concrete are less intensive than in the mixture of macadam-mastic asphalt concrete with sifting out of limestone crushing.