

УДК 625.855.31

**Петрович Павел Павлович**, канд. техн. наук, доцент,  
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, pavel.petrovich52@mail.ru  
**Стадниченко Михаил Игоревич**, магистрант,  
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, mixon9@mail.ru

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА (ЩМА) С ГРАНУЛЯТОМ СТАРОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА И ФИБРОЙ

**Аннотация.** В настоящее время мировая практика насчитывает тысячи километров дорог, построенных либо восстановленных с применением щебеночно-мастичных смесей. При этом щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) особенно хорошо зарекомендовал себя на наиболее сложных участках дорог. За работой покрытий собраны уникальные статистические данные и фактические эксплуатационные свойства ЩМА в сравнении с обычными асфальтобетонами в части устойчивости к образованию колеи и трещин, снижения ровности, технологичности и прочих факторов. В статье рассматривается возможность использования ЩМА с гранулятом старого асфальтобетона с добавлением армирующих добавок ПАН-волокна и омолаживающих, и пропитывающих составов для битума.

**Ключевые слова:** щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА); гранулят старого асфальтобетона; ПАН-волокно; R-материал; Дорсан; фибра; фольга.

**Petrovich Pavel P.**, Ph. D., associate professor,  
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, pavel.petrovich52@mail.ru  
**Stadnichenko Mikhail I.**, undergraduate,  
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, mixail\_stadnichenko@mail.ru

## THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF SMA WITH OLD ASPHALT AND FIBARM FIBER

**Abstract.** At present, world practice has thousands of kilometers of roads built or restored using black-mastic mixtures, which indicates a gradual displacement of traditional types of asphalt concrete in the construction of protective and structural layers of road surfaces. At the same time, crushed stone-mastic asphalt concrete, as more durable and resistant to intensive climatic and transport impacts, has particularly proven itself on the most difficult sections of roads. In the process of monitoring the performance of coatings, unique statistical data were collected, the analysis of which allowed specialists not only to establish requirements for mixtures, but also to evaluate the actual performance properties of SMA in comparison with conventional asphalt concrete in terms of resistance to the formation of ruts and cracks, reduction of evenness, manufacturability and other factors. The article discusses the possibility of using recycled granules of old asphalt concrete in SMA, using reinforcing additives and anti-aging compositions for bitumen. The materials of the work of countries of the European Union and the United States over the past decade are given.

**Key words:** SMA; FibArm fiber; R-material; Storflux; Dorsan.

### Введение

Цель состоит в разработке смеси ЩМА с гранулятом старого асфальтобетона, при добавлении армирующей добавки ПАН и восстановителя битума. Разработка этой технологии позволит более широко использовать ЩМА, в виду его удешевления, Щебеночно-мастичный асфальтобетон, применяя его на дорогах более низких категорий, одновременно повышая его «экологичность», за счет использования переработанного материала.

### Зарубежный опыт (2007–2017)

На протяжении последних десяти лет, зарубежные специалисты пытались ответить на вопрос: «Возможно, ли использовать отработанный *R*-материал 30–50% и более, (*R* – отработанный материал из асфальтобетона) в смесях типа: «*SMA*» (ЩМА), не теряя при этом качественных свойств смеси?»

Ответы на эти вопросы частично были найдены в некоторых научных центрах Европы и США. Например, особенностью состава смесей Технологического института г. Брно, Чехия, является использование в своем составе следующих компонентов:

– измельченный *R*-материал; дорожное модифицированное связующее типа – РМВ 45/80-55, связующее, в котором модифицированы физические и механические свойства полимера. Эти связующие вещества находятся в полутвердой и твердой гомогенной массе при нормальных температурах;

– целлюлозное волокно – S-CEL 7G. Гранулы S-CEL 7G, которые были изготовлены CIUR, a.s. из выборочной сортированной бумаги в виде обратного вращения в основной целлюлозно-волокнистой турбине;

– омолаживающая добавка – STORFLUX. Из-за большей доли *R*-материала (более 20%) для регенерации прессованного асфальтового

связующего, содержащегося в  $R$ -материале, необходимо использовать омолаживающую добавку. Восстанавливать STORFLUX от STORIMPEX, – это производная сырой нефти, полученная из вторичной переработки. Количество омолаживающего средства определяли по скорости старения связующего из асфальта, содержащегося в  $R$ -материале [6].

Несмотря на это, в зарубежных материалах не рассматривается возможность использования армирующих добавок из волокон типа «ПАН», для поддержания свойств нового состава.

### Фибра

В данной статье представлены результаты работ по введению стальной проволочной фибры Череповецкой компании «Северсталь–Метиз» под названием «Миксарм» (рис. 1) (длина – 54 мм, диаметр – 1 мм, временное сопротивление разрыву –  $1100 \text{ Н/мм}^2$ , вес одной фибры – 0,25 г), а также стальной проволочной фибры Челябинской компании «Волвек» (рис. 2) (диаметр – 0,63 мм, длина – 37 мм, расчетное сопротивление растяжению – 400 МПа, вес одной фибры – 0,1 г). Данные по составам смесей представлены в (табл.).



Рис. 1. Фибра «Миксарм»



Рис. 2. Фибра «Челябинка»

Кроме этого применили полиакрилонитрильное волокно – «ПАН» в качестве фибры (рис. 3), которая представляет собой волокна белого цвета и позволяет избежать трудоемких операций по армированию. Волокна из ПАНа выпускаются длиной резки 3, 6, 12, 18, 24 мм

и линейными плотностями 0,17; 0,33; 0,56; 0,68; 0,77. Удельный вес составляет 1,18 г/мм<sup>3</sup> и влажность 19–22%.

*Таблица*

Состав испытываемой смеси со стальной проволочной фиброй

№ п/п	Наименование материала	Состав смеси % (битум, стабилизатор и фибра сверх 100%)	Состав смеси % (битум, стабилизатор и фибра в 100%)	Дозировка материала (г) на замес 4,5 кг
1	2	3	4	5
1	Щебень из габбронорита 5–15 мм	72	67–67,25	3025–3031
2	Старый асфальтобетон	15	13,8–14,03	629–631
3	Мин. порошок	13	21,1–12,2	545–547
4	Стабилизатор «Гасцел»	0,4	0,37–0,4	16–17
5	Фибра «Миксарм» или «Челябинка»	0,8	0,85–1,12	38–49
6	Битум БНД 60/90	5,9	5,5	250

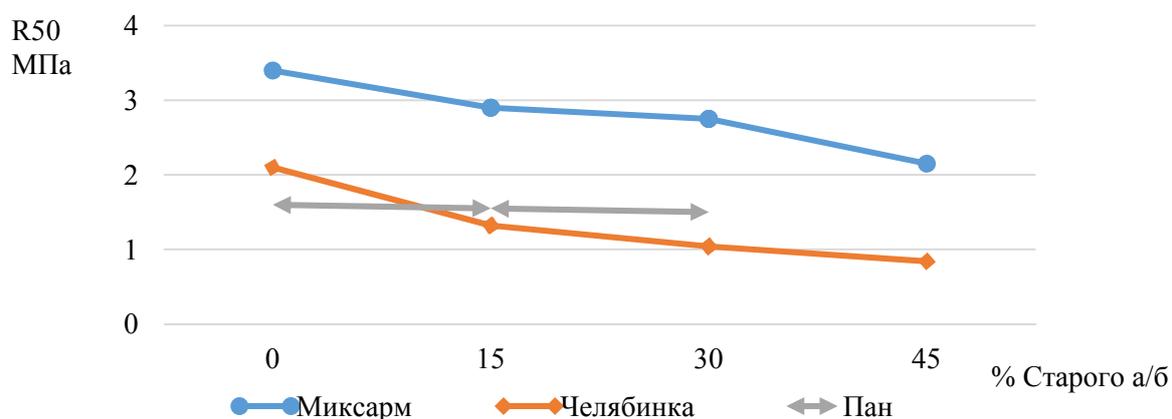


*Рис. 3. Фибра ПАН*

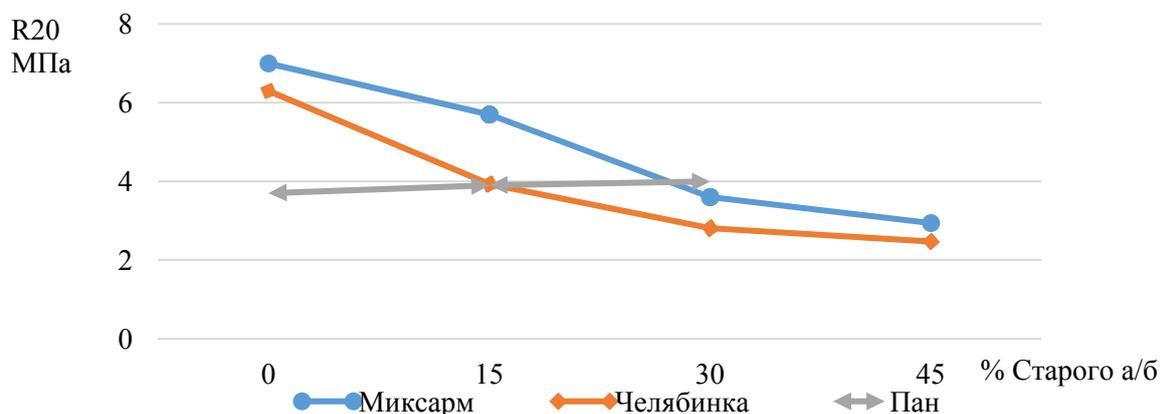
Были выполнены по три замеса с каждой фиброй при содержании 0,8%, 1,0% и 1,2% с фиброй «Миксарм», при содержании 0,8%, 1,0% и 1,2% с фиброй «Челябинка», а также при содержании 0,05%, 0,1% и 0,15% ПАН фибры.

Для приготовления смеси использовался кубовидный щебень фракций 5–10 и 10–15 и асфальтовый гранулят размером 5–20 мм.

Опыты были проведены в лаборатории ОАО АБЗ-4 «Капотня» в соответствии с действующими нормами по ГОСТ 12801-98 над образцами, приготовленными и испытанными в данной лаборатории, и их результаты приведены на рис. 4 и 5. В процессе приготовления асфальтобетонных смесей производится перемешивание нагретого битума с горячим каменным материалом, далее добавлялась стабилизирующая добавка, а под конец – фибра [4].



*Рис. 4. Влияние различных типов фибр в составе ЩМА на прочность при 50°C в зависимости от % содержания гранулята старого асфальтобетона*



*Рис. 5. Влияние различных типов фибр в составе ЩМА на прочность при 20°C в зависимости от % содержания гранулята старого асфальтобетона*

### Лабораторные испытания на АБЗ №4 – «Капотня»

Были разработаны составы ЩМА с различным содержанием ПАН фибры. По этим технологическим схемам были приготовлены и испытаны

образцы. Целью испытаний является построение зависимости и установление допустимого процента использования переработанного материала. На данном этапе исследования, можно предположить, что добавка ПАН-волокна влияет на снижение предела прочности при 20°C и 50°C, и снижение сдвигоустойчивости смеси [4, 9].

Следующим этапом магистерской работы является внедрение в существующую технологию приготовления ЩМА омолаживающей добавки, (восстановителя битума), для восстановления старого асфальтобетона.

Особенностью данной технологии, является отдельный разогрев гранулята асфальтобетона, до 135°C и омолаживателя битума, в нашем случае используется пропитка «Дорсан» СТО 05896165-005-2017 отечественного производства, в количестве 0,4%, до 160°C [10].

После этого, в отдельный бункер (резервуар) добавляют ингредиенты и перемешивают, после чего бункер (резервуар) накрывают фольгой, и помещают обратно в сушильный барабан (Печь) на 10 минут для дальнейшего разогрева. Далее происходит повторное перемешивание и добавление восстановленного гранулята в смеситель к остальной минеральной части для приготовления ЩМА.

Данная особенность с использованием омолаживателя положительно влияет на дальнейший разогрев и работу гранулята старого асфальтобетона, но, несмотря на это, из-за едкого запаха пропитки «Дорсан» использование ее в лаборатории или в другом закрытом помещении, без специального оснащения не рекомендуется.

### **Заключение**

На основе проведенных функциональных испытаний зарубежные специалисты утверждают, что использование R-материала существенно не повлияло на функциональные свойства смеси ЩМА. Обе смеси также

соответствуют всем требованиям, установленным соответствующими стандартами.

При определении формирования постоянных деформаций было обнаружено, что с добавлением большего количества отработанного материала асфальтобетона, устойчивость к образованию постоянной деформации уменьшалась. Однако все смешанные смеси по-прежнему соответствовали требованиям стандарта EN (Европейских стандартов) с достаточным запасом.

При определении значений модулей жесткости было обнаружено, что добавление гранулята старого асфальтобетона не оказало существенного влияния на значения модуля жесткости.

При оценке низкотемпературных свойств было обнаружено, что все смеси снова имеют схожие свойства, и поэтому использование гранулята в больших количествах не оказывает неблагоприятного влияния на свойства битумной смеси.

Эти функциональные тесты подтвердили, что можно создавать смеси ЦМА с 30% и 50% *R*-материалом без ущерба для их качества.

С точки зрения повышения экологии, и развития науки и техники, необходимым является изучение международного опыта и адаптация его под Российские реалии, изменения и пересмотра подхода к использованию данного материала.

### Список литературы

1. Костин, В.И. Щебеночно-мастичный асфальтобетон для дорожных покрытий: учебное пособие / В.И. Костин. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2009. – 67 с.
2. Методические рекомендации по устройству верхних слоев дорожных покрытий из щебеночно-мастичного асфальтобетона. – М.: Союздорнии, 2002. – 29 с.
3. Баранов, И.А. Оценка эффективности стабилизирующих добавок для улучшения структуры и свойств ЦМА: дис. ... канд. тех. наук / И.А. Баранов. – Орел, 2015. – С. 40–56.
4. Ядыкина, В.В. Применение волокнистых отходов промышленности в производстве щебеночно-мастичных асфальтобетонов / В.В. Ядыкина, Н.П. Куцына // Строительные материалы. – 2007. – № 5. – С. 28–29.

5. Модифицированная щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь с дисперсноармирующей добавкой / С.К. Илиополов, И.В. Мардиросова, С.А. Чернов, П.О. Дармодехин // *Наукоедение*. – 2012. – № 3. – С. 1–9.
6. Blazejowski, K. Stone mastic asphalt. Theory and practice / K. Blazejowski. – New York: John Wiley and Sons, Inc., 2011. – P. 45–51.
7. Петрович, П.П. Исследование уплотнения дорожно-строительных материалов / П.П. Петрович // *Исследования в области улучшения эксплуатационного состояния автомобильных дорог: сб. научных трудов*. – М.: МАДИ, 2013. – С. 62–67.
8. Петрович, П.П. Вопрос приготовления щебеночно-мастичного асфальтобетона со старым асфальтобетоном и стальной фиброй / П.П. Петрович // *Актуальные решения при проектировании, строительстве автомобильных дорог, наземных сооружений, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей: сб. научных трудов*. – М.: МАДИ, 2015. – С. 12–17.
9. Петрович, П.П. Фибра – армирующая добавка в покрытии автомобильных дорог / П.П. Петрович // *Научные исследования проблем строительства и эксплуатации дорог и пути их решения: сб. научных трудов*. – М.: МАДИ, 2011. – С. 89–97.
10. Лупанов, А.П. Переработка асфальтобетона на АБЗ / А.П. Лупанов. – М.: Экон-информ, 2012. – С. 200–207.

### References

1. Kostin V.I. *Shchebenochno-mastichnyj asfal'tobeton dlya dorozhnyh pokrytij* (Crushed-mastic asphalt concrete for road surfaces), Nizhny Novgorod, Nizhegorodskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet, 2009, 67 p.
2. *Metodicheskie rekomendacii po ustrojstvu verhnih sloev dorozhnyh pokrytij iz shchebenochno-mastichnogo asfal'tobetona* (Methodical recommendations on the device of the top layers of road coverings from crushed-mastic asphalt concrete), Moscow, Soyuzdornii, 2002, 29 p.
3. Baranov I.A. *Ocenka ehffektivnosti stabiliziruyushchih dobavok dlya uluchsheniya struktury i svoystv SHCHMA* (Evaluation of the effectiveness of stabilizing additives to improve the structure and properties of SCHMA), Candidate thesis, Orel, 2015, pp. 40–56.
4. Yadykina V.V., Kucyna N.P. *Stroitel'nye materialy*, 2007, no. 5, pp. 28–29.
5. Iliopolov S.K., Mardirosova I.V., Chernov S.A., Darmodekhin P.O. *Naukovedenie*, 2012, no. 3, pp. 1–9.
6. Blazejowski K. Stone mastic asphalt. Theory and practice, New York, John Wiley and Sons, Inc., 2011, pp. 45–51.
7. Petrovich P.P. *Issledovaniya v oblasti uluchsheniya ehkspluatacionnogo sostoyaniya avtomobil'nyh dorog*, Sbornik nauchnyh trudov, Moscow, MADI, 2013, pp. 62–67.
8. Petrovich P.P. *Aktual'nye resheniya pri proektirovanii, stroitel'stve avtomobil'nyh dorog, nazemnyh sooruzhenij, aehrodromov, mostov i transportnyh tonnelej*, Sbornik nauchnyh trudov, Moscow, MADI, 2015, pp. 12–17.
9. Petrovich P.P. *Nauchnye issledovaniya problem stroitel'stva i ehkspluatatsii dorog i puti ih resheniya*, Sbornik nauchnyh trudov, Moscow, MADI, 2011, pp. 89–97.
10. Lupanov A.P. *Pererabotka asfal'tobetona na ABZ* (Recycling of asphalt in asphalt plant), Moscow, Ehkon-inform, 2012, pp. 200–207.