

УДК 665.775.4

**ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО БОРЬБЫ  
С ПРЕЖДЕВРЕМЕННЫМ РАЗРУШЕНИЕМ  
АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ В ЗОНЕ СТЫКОВ***Е.О. Прокудин<sup>1</sup>, В.В. Савицкий<sup>1</sup>, В.Е. Николаевский<sup>1</sup>, Д.Ю. Небрatenko<sup>1,2</sup>**<sup>1</sup>Российский университет транспорта (г. Москва)**<sup>2</sup>Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (г. Москва)*© Прокудин Е.О., Савицкий В.В.,  
Николаевский В.Е., Небрatenko Д.Ю., 2024

**Аннотация.** В статье указано, что сроки службы дорожных покрытий для автомобильных дорог федерального значения определены Постановлением Правительства РФ от 30 мая 2017 г. № 658 и составляют 24 года для всех категорий. В предыдущем Постановлении (от 23 августа 2007 г. № 539 с изменениями 2015 г.) эти сроки составляли 12 лет. Отмечено, что увеличение межремонтных сроков в два раза должно сопровождаться резким повышением качества строительства дорог, появлением прорывных проектных, конструктивных и технологических решений, однако капитальный ремонт дорожных одежд по-прежнему проводится через 10–12 лет, причем обычно ссылаются на суровые климатические условия, рост транспортных нагрузок, недостатки проектирования, нарушение технологии. Даже при качественной укладке в асфальтобетонных покрытиях находятся зоны, на которых появляются признаки разрушения уже после первого сезона эксплуатации. Это стыки в теле слоя покрытия, где вновь укладываемая смесь примыкает к уложенной ранее. Подчеркнуто, что причина банальна: в местах контакта весьма сложно обеспечить требуемую плотность и монолитность смеси. Предложено решить проблему «сращивания» между собой примыкающих фрагментов слоя покрытия на основе применения стыковочных битумно-полимерных лент, так как в России уже имеется опыт их применения, а мониторинг состояния покрытия в зоне стыков свидетельствует о том, что использование битумно-полимерных стыковочных лент дает существенные преимущества за счет обеспечения монолитности соединения в течение нормативного срока эксплуатации.

**Ключевые слова:** стыковочные битумно-полимерные ленты, полимерно-битумные вяжущие, стыки сопряжения.

**DOI: 10.46573/2658-7459-2024-4-86-94****ВВЕДЕНИЕ**

Сохранение стабильных характеристик битумсодержащих слоев является неременным условием обеспечения прочности и долговечности дорожных покрытий. Важно понимание того, как на это влияют состав и свойства компонентов асфальтобетона и полимерасфальтобетона. Именно отсутствие дефектов на дорожном покрытии позволяет автомобильной дороге выполнять свою функцию – функцию обеспечения безопасного круглогодичного движения транспорта с расчетными скоростями в течение нормативного срока службы при постоянном росте интенсивности и объема перевозок [1].

Рано или поздно на покрытиях автодорог возникают дефекты. Как правило, предвестниками разрушения являются шелушение и выкрашивание материала с последующим нарушением сплошности асфальтобетонных покрытий в зоне швов сопряжения. Это стыки в полосах асфальтобетонного покрытия (продольные и поперечные), а также сопряжения с различными конструктивными элементами [2]. И эти «центры разрушения» формируются еще на этапе проектирования и строительства, поскольку невозможно избежать температурной и гранулометрической сегрегации асфальтобетонной смеси при ее контакте с уложенным ранее слоем. В связи с этим возникает повышенная остаточная пористость, а также отсутствует монолитность в области стыка.

### ***МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ***

Действенным средством борьбы с вышеописанными проблемами являются стыковочные битумно-полимерные ленты (СБПЛ). В США и странах Западной Европы стыковочные ленты распространены достаточно широко и уже доказали свою эффективность.

Для России стыковочные битумно-полимерные ленты – это сравнительно новый материал, представляющий собой профилированную ленту, сохраняющую свою геометрическую целостность при высоких температурах до момента применения. Но в отличие от западного аналога, основанного на битумно-каучуковом вяжущем, отечественные стыковочные ленты изготавливаются из битумно-полимерного композитного вяжущего (ПБВ). И это не случайно. Главным качественным показателем ПБВ для стыковочных лент является его способность проникать в структуру контактирующих слоев, обеспечивая сцепление, приводящее к образованию единого монолита. Более того, за счет высокомолекулярных компонентов (в сравнении с битумами нефтяными дорожными) ПБВ не только лучше справляется с решением данной задачи, но и сохраняет свои качественные показатели на протяжении всего срока эксплуатации объекта [3].

Стыковочная битумно-полимерная лента, расположенная на стыке полос, при нагревании от горячей асфальтобетонной смеси переходит в вязкотекучее состояние и обволакивает всю поверхность контакта, проникая в неровности, заклинивается в них при остывании. Таким образом, на основании механической теории адгезии обеспечивается прочность стыков.



Рис. 1. Внешний вид стыковочной битумно-полимерной ленты

По результатам различного рода исследований установлено, что адгезионное соединение зависит от таких факторов, как состав и структура адгезива и субстрата, геометрические параметры объекта, природы фаз, вступающих в контакт, а также условия, при которых будет формироваться адгезионное соединение [4].

«Прилипание» – процесс образования прочной связи в точке контакта адгезива и субстрата, т.е. образования зоны сцепления. «Адгезия» – показатель прочности связи [5–7].

В слое дорожного покрытия (как многокомпонентной системе) на качество адгезионного соединения оказывают влияние факторы, основными из которых являются:

- химический состав щебня;
- структура его поверхности (наличие макро- и микроразвитых поверхностей, микродефектов, открытых пор и полостей);
- физико-химические свойства вяжущего;
- температура, при которой осуществляется процесс.

Известно, что щелочные породы сцепляются с окисленными битумными композициями лучше, чем кислые. Это объясняется наличием на поверхности осадочных пород гидроксильных групп, которые взаимодействуют с кислородом воздуха и более склонны к химическим и ван-дер-ваальсовым взаимодействиям с поверхностным слоем «заокисленного» вяжущего. Поскольку дорожные битумы сильно окисляются на стадии производства, при наличии обменных ионов в виде гидроксильных групп на поверхности щебня могут происходить окислительно-восстановительные реакции [8].

Наличие макро- и микроразвитых поверхностей, микродефектов, открытых пор и полостей позволяет компонентам вяжущего, особенно полимерным цепям, проникать, диффундировать и отверждаться в открытых полостях наружного слоя камня. В этом случае полимер выступает в роли анкера как в основном объеме связующего, так и в порах каменного материала, куда уже проникла достаточная часть цепей для обеспечения прочного сцепления [9, 10].

С одной стороны, битумное вяжущее должно содержать низкомолекулярные компоненты, обладающие большой подвижностью и способные проникать в соседний массив смежного материала на значительную глубину. Для этого указанные компоненты должны иметь малые размеры и форму. С другой стороны, полимерные материалы, присутствующие в дорожных смесях исключительно в качестве компонентов вяжущего, обладают достаточной прочностью длинных цепей, чтобы проникать в поры камня и заклиниваться в массиве или пограничном слое вяжущего. Возможность переплетения полимерных цепей без образования химических связей в месте связывания обеспечивает высокий показатель прочности в месте связывания щебеночных компонентов смеси и гарантирует эластичность и большую растяжимость вяжущего материала без разрушения. Этим и объясняется проявление когезии в ПБВ [11–13].

Для процесса образования контакта между поверхностью твердого камня и связующим материалом, кроме всего, нужна соответствующая температура, активизирующая физико-химические процессы как на границе раздела фаз, так и в объеме каждой из них [14, 15].

Бутадиен-стирольные термоэластопласты (СБС-полимеры) представляют собой единую двухблочную макромолекулу из двух мономеров (стирола и бутадиена), соединенных прочными химическими связями. Взаимодействующая с ними мальтеновая фаза начинает встраиваться в структурные области полимера, доокисляясь при этом в

низкомолекулярные смоляные составляющие битума. В результате увеличивается начальная вязкость композиции и улучшаются адгезионные свойства поверхностного слоя [16–19].

Для того чтобы обеспечить сцепление СБПЛ с дорожным покрытием, перед нанесением необходимо провести очистку самого покрытия от различного рода загрязнений: пыли, грязи, снега и т.д.

При условии проведения работ при температуре ниже 10 °С нужно выдержать ленту в сухом помещении в температурном диапазоне от 15 до 20 °С.

Технология применения СБПЛ заключается в следующем: изготовленную ленту с промежуточным антиадгезионным вкладышем сворачивают в рулон и упаковывают в картонный контейнер [20]. На объекте ленту извлекают из упаковки и распределяют вдоль края стыка, устанавливая на ребро таким образом, чтобы антиадгезионная пленка находилась с внешней стороны (рис. 2).



а

б

Рис. 2. Стыковочная дорожная лента:

- а – упаковочный картонный барабан с информацией о ленте;
- б – бумажный слой с антиадгезионным покрытием для предотвращения слипания рулонов ленты при транспортировке и хранении

Чтобы лента надежно прикрепилась к краю стыка, необходимо периодически прижимать ее к вертикальной поверхности. После установки ленты антиадгезионный слой удаляется (рис. 3). Каждая последующая лента должна примыкать к предыдущей встык. Соединение внахлест не допускается, так как приводит к образованию избытка вяжущего, а также битумных пятен на поверхности покрытия. В процессе укладки и уплотнения горячей асфальтобетонной смеси необходимо осуществлять контроль за положением ленты на стыке с ранее уложенным покрытием.

На протяжении всего этапа образования шва между новым и ранее уложенным слоями асфальтобетонного покрытия СБПЛ претерпевает ряд механических и физико-химических преобразований, за счет которых достигается монолитность зоны контакта.

Изложенные выше положения должны опираться на детальное изучение поведения СБПЛ во вновь сформированном покрытии (температура окружающей среды в зоне укладки – 14 °С; температура асфальтобетонной смеси – 140 °С). С этой целью в зоне шва проведено извлечение нескольких кернов, в состав которых входит СБПЛ (рис. 4).

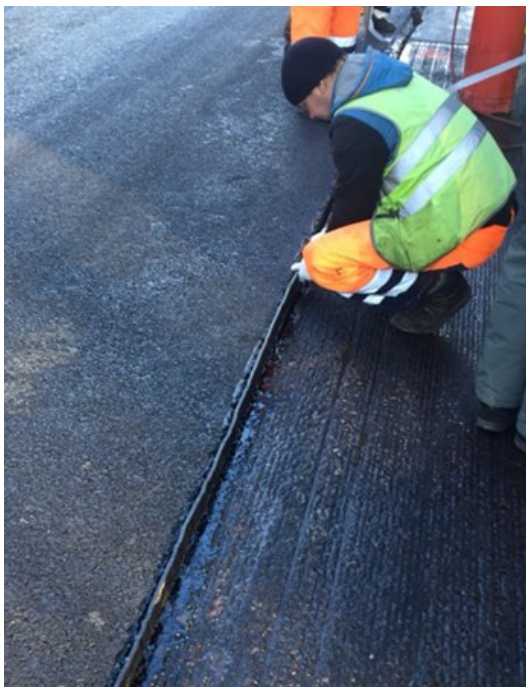


Рис. 3. Распределение СБПЛ с прикреплением к вертикальной поверхности стыка



Рис. 4. Внешний вид образца после послойного разрезания керна, взятого в месте стыка для контроля расположения ленты

Керны были отобраны электрическим керноотборником Keos KS-KB200/250SET, (2 800 Вт), закрепленным на штативе. Направление вращения рабочего органа совпадало с основным ходом движения по полосе.

Данные таблицы и вид кривой (см. рис. 4) подтверждают, что вяжущее, использованное при производстве СБПЛ, достаточно равномерно распределяется как по поверхности старого асфальтобетона, так и в объеме горячей асфальтобетонной смеси, укладываемой в зоне стыка. Отклонение от центральной линии по оси СБПЛ не превышает 15–20 %. Однако с увеличением расстояния от поверхности асфальтобетонного покрытия растекаемость СБПЛ снижется и выравнивание содержания вяжущего в холодном и горячем слоях ухудшается.

Ширина зоны распределения  
битумно-полимерного компонента из состава СБПЛ в зоне шва

Глубина от поверхности покрытия, мм	Зона примыкания горячей асфальтобетонной смеси, мм	Центральная зона по ширине СБПЛ, мм	Зона холодного асфальтобетона, мм
10	1,5	0,6	0,9
15	1,5	0,8	0,7
20	1,4	1,0	0,6
25	1,2	1,2	0,6
30	0,8	1,8	0,2
35	0,8	1,8	0,2
40	1,0	1,8	0
50	1,0	2,0	0

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За последние несколько лет использование СБПЛ было инициативно апробировано на дорожных объектах различных уровней подчиненности. В настоящее время ведется систематический мониторинг состояния объектов, на которых были использованы СБПЛ. При этом внимание уделяется не только составу битумно-полимерных композитов, используемых для производства лент (марке и индексу исходного вяжущего, содержанию и свойствам применяемых модификаторов, соотношениям компонентов), но и геометрии соединительных лент (ширине, толщине, наличию фасок). Кроме того, технологичность использования ленты требует от потребителей оценки антиадгезионных свойств прокладочных пленок.

Анализируя полученные в рамках исследования данные, можно сделать вывод, что СБПЛ являются новым дорожно-строительным материалом, их применение не требует приобретения дополнительных технических средств механизации, а квалификация работников подрядных подразделений отрасли позволяет им выполнять все технологические операции в соответствии с имеющимся техническим регламентом проведения работ. При этом они обеспечивают улучшение стабильности зоны стыка и препятствуют раскрытию трещин как в зоне продольного, так и в зоне поперечного контакта свежего и бывшего в эксплуатации асфальтобетонного покрытия.



**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Лукьянец П.А., Небрatenко Д.Ю., Лушников Н.А. Динамика изменения шероховатости асфальтобетонных и полимерасфальтобетонных покрытий // *Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика*. 2022. № 3. С. 15–28.
2. Санакулов А.Б., Лебедев Е.В., Небрatenко Д.Ю. Битумно-полимерные стыковочные ленты для усиления верхних слоев автомобильных дорог // *Вестник ГГНТУ. Технические науки*. 2022. № 3 (29). С. 23–29.
3. Гохман Л.М. Дорожный полимерасфальтобетон. М.: Экон-Информ, 2017. 477 с.
4. Быстров Н.В. Нормирование свойств модифицированных битумов // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2018. № 5 (20). С. 198–203.
5. Тугорский И.А., Потапов Е.Э., Шварц А.Г. Химическая модификация эластомеров. М.: Химия, 1993. 304 с.
6. Handbook of Surface and Interface Analysis, Methods for Problem Solving. 2nd Edn. / ed. by J.C. Riviere, S. Myhra. London: CRC Press, 2009. 682 p.
7. Поциус А. Клеи, адгезия, технология склеивания. СПб.: Профессия, 2016. 344 с.
8. Вильнав Ж.-Ж. Клеевые соединения. М.: Техносфера, 2007. 384 с.
9. Берлин А.А., Басин В.Е. Основы адгезии полимеров. М.: Химия, 1974. 392 с.
10. Чалых А.Е., Авгонов А.Б. Диффузия и сорбция низкомолекулярных веществ в блок-сополимерах // *Высокомолекулярные соединения*. 1975. № 6 (17). С. 1291–1296.
11. Чалых А.Е., Захарова Н.И., Алиев А.Д., Роговина Л.З. Кинетика сорбции и диффузии НМВ в блок-сополимерах // *Диффузионные явления в полимерах*. Рига: РПИ, 1977. С. 195–198.
12. Guo F., Pei J., Zhang J., Li R., Liu P., Wang D. Study on Adhesion Property and Moisture Effect between SBS Modified Asphalt Binder and Aggregate Using Molecular Dynamics Simulation // *Materials*. 2022. No. 15 (19), pp. 6912.
13. Эфа А.К., Цыро Л.В., Андреева Л.Н. Некоторые причины старения асфальтобетона и способы их устранения // *Химия и технология топлив и масел*. 2002. № 4. С. 5–9.
14. Nikolaevsky V., Duzhiy P., Nebratenko D.Yu. Evaluation of Low-temperature Properties of Mixtures of Bitumen and SBS Polymers of Various Topologies by the ABCD Method // *Vojnotehnički glasnik*. 2023. No. 3 (71), pp. 711–721. URL: <https://doi.org/10.5937/vojtehg71-44548> (дата обращения: 23.09.2024).
15. Новикова Е.Х. Развитие полимерных решений для дорожной отрасли // *Каучук и резина*. 2021. № 5 (80). С. 272–275.
16. Rossi C.O., Teltayev B., Angelico R. Adhesion Promoters in Bituminous Road Materials: a Review // *Applied Sciences*. 2017. Т. 7. № 5, pp. 524–534.
17. Serrano E., Tercjak A., Kortaberria G., Pomposo J.A., Mecerreyes D., Zafeiropoulos N.E., Stamm M., Mondragon I. Nanostructured Thermosetting Systems by Modification with Epoxidized Styrene-butadiene Star Block Copolymers. Effect of Epoxidation Degree // *Macromolecules*. 2006. No. 39, pp. 2254–2261.
18. Kashevskaya E.V., Boksha M.Yu., Isakov A.M., Nebratenko D.Yu. Závislosti Vlivu Struktury Polymerů SBS na Vlastnosti Polofoukaných a Oxidovaných Asfaltových Pojiv (2021) // *Zkoušení materiálů a konstrukcí vozovek*. ASFALTOVÉ VOZOVKY, České Budějovice, Czech Republic. 2021. pp. 2–3.
19. Герман Е.А. Теоретическая инноватика. СПб.: СПбПУ, 2018. 148 с.

20. СТО 22346590.001-2019 Битумно-полимерная лента «СВЕНСКАЯ». 2019. 24 с. URL: <https://russianhighways.ru/upload/iblock/0f1/11.-СТО.PDF> (дата обращения: 23.09.2024).

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

*ПРОКУДИН Егор Олегович* – студент, лаборант кафедры автомобильных дорог, аэродромов, оснований и фундаментов, ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», 127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9. E-mail: [prokudin.egor2112@yandex.ru](mailto:prokudin.egor2112@yandex.ru)

*САВИЦКИЙ Валерий Викторович* – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог, аэродромов, оснований и фундаментов, ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», 127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9. E-mail: [info@rut-miit.ru](mailto:info@rut-miit.ru)

*НИКОЛАЕВСКИЙ Владимир Евстафьевич* – кандидат военных наук, доцент кафедры автомобильных дорог, аэродромов, оснований и фундаментов, ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», 127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9. E-mail: [info@rut-miit.ru](mailto:info@rut-miit.ru)

*НЕБРАТЕНКО Дмитрий Юрьевич* – кандидат химических наук, доцент кафедры автомобильных дорог, аэродромов, оснований и фундаментов, ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», 127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9, доцент кафедры строительного материаловедения, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26. E-mail: [nebratenko@mail.ru](mailto:nebratenko@mail.ru)

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Прокудин Е.О., Савицкий В.В., Николаевский В.Е., Небрatenko Д.Ю. Эффективное средство борьбы с преждевременным разрушением асфальтобетонного покрытия в зонах стыков и швов // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2024. № 4 (24). С. 86–94.

---

## AN EFFECTIVE MEANS OF COMBATING PREMATURE DESTRUCTION OF ASPHALT CONCRETE PAVEMENT IN THE AREAS OF JOINTS AND SEAMS

*E.O. Prokudin<sup>1</sup>, V.V. Savitsky<sup>1</sup>, V.E. Nikolaevsky<sup>1</sup>, D.Yu. Nebratenko<sup>1, 2</sup>*

<sup>1</sup>*Russian University of Transport (Moscow)*

<sup>2</sup>*National Research Moscow State University of Civil Engineering (Moscow)*

**Abstract.** The article states that the service life of road surfaces for federal highways is determined by the Russian Government Resolution No. 658 of May 30, 2017 and is 24 years for all categories. In the previous Resolution (dated August 23, 2007, No. 539, as amended in 2015), these terms were 12 years. It is noted that the doubling of inter-repair periods should be accompanied by a sharp increase in the quality of road construction, the emergence of breakthrough design, structural and technological solutions, but major repairs of road pavements are still carried out after 10-12 years, usually referring to harsh climatic conditions, increased



traffic loads, design flaws, violation of technology. Even with high-quality paving, there are areas in asphalt concrete pavements that show signs of destruction after the first season of operation. These are joints in the body of the pavement, where the newly laid mix adjoins the previously laid mix. It is emphasized that the reason is trivial: at the points of contact it is very difficult to ensure the required density and monolithicity of the mixture. It was proposed to solve the problem of “splicing” of adjoining fragments of the pavement layer on the basis of application of bituminous-polymer jointing tapes, as in Russia there is already experience of their application, and monitoring of the pavement condition in the joint zone shows that the use of bituminous-polymer jointing tapes provides significant advantages by ensuring monolithic jointing during the period of the pavement paving.

**Keywords:** connecting bitumen-polymer tapes, polymer-modify bitumen, interface joints.

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*PROKUDIN Egor Olegovich* – Student, Laboratory Assistant of the Department of Highways, Airfields, Foundations and Foundations, Russian University of Transport, 9, p. 9, Obraztsova str., Moscow, 127994, GSP-4, Russia. E-mail: prokudin.egor2112@yandex.ru

*SAVITSKY Valery Viktorovich* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Highways, Airfields, Foundations and Foundations, Russian University of Transport, 9, p. 9, Obraztsova str., Moscow, 127994, GSP-4, Russia. E-mail: info@rut-miit.ru

*NIKOLAEVSKY Vladimir Evstafievich* – Candidate of Military Sciences, Associate Professor of the Department of Highways, Airfields, Foundations and Foundations, Russian University of Transport, 9, p. 9, Obraztsova str., Moscow, 127994, GSP-4, Russia. E-mail: info@rut-miit.ru

*NEBRATENKO Dmitry Yuryevich* – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Highways, Airfields, Foundations and Foundations, Russian University of Transport, 9, p. 9, Obraztsova str., Moscow, 127994, GSP-4, Russia; Associate Professor of the Department of Building Materials Science, National Research Moscow State University of Civil Engineering, 26, Yaroslavskoe shosse, 129337, Moscow, Russia. E-mail: nebratenko@mail.ru

### CITATION FOR AN ARTICLE

Prokudin E.O., Savitsky V.V., Nikolaevsky V.E., Nebratenko D.Yu. An effective means of combating premature destruction of asphalt concrete pavement in areas of joints and seams // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2024. No. 4 (24), pp. 86–94.