

DOI: 10.12737/23803

*Барковский Д.В., аспирант,
Высоцкая М.А., канд. техн. наук*
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ БИТУМНО-ПОЛИМЕРНЫХ СТЫКОВОЧНЫХ ЛЕНТ ДЛЯ ДОРОЖНОГО И АЭРОДРОМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

roruri@rambler.ru

В работе рассмотрен опыт по оценке технических параметров стыковочных лент для асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов. Предложены показатели, по которым целесообразно выполнять испытания лент для их эффективной работы.

Ключевые слова: битумно-полимерная стыковочная лента, шов сопряжения, покрытие, методики оценки качества, нормативная документация.

Введение. Современные технологии дорожного строительства предусматривают устройство асфальтобетонных покрытий из отдельных полос шириной, равной ширине захватки звена асфальтоукладчиков, а требуемая ширина покрытия достигается за счет стыковки горячих, вновь укладываемых полос, к холодным ранее уложенным и уплотненным. Образующиеся при этом стыки асфальтобетона подвержены интенсивному трещинообразованию и шелушению, что нарушает целостность покрытия и открывает доступ атмосферной влаге в нижележащие слои дорожной одежды.

Асфальтобетон в зоне холодного стыка характеризуется низкой плотностью и высокой пористостью [1–4], что приводит к постоянному содержанию избыточной влаги. Проведенные в 2016 г. испытания показали, что водонасыщение кернов, отобранных на технологических стыках, в среднем в 3 раза превышает требования ГОСТ 9128 [5] и в 2,5 раза значение данного показателя в теле основного покрытия. Многократные циклы замораживания-оттаивания в осенний и, особенно, весенний период, оказывают негативное воздействие на структуру переувлажненного асфальтобетона. Результатом такого воздействия являются прогрессирующее трещинообразование и возникновение вторичных дефектов – сколов кромок трещин, выкрашивание зерен минерального материала, попадание влаги между слоями и, в конечном итоге, разрушение покрытия. Аналогичные дефекты возникают в местах примыкания асфальтобетонного покрытия к цементобетонным покрытиям и металлическим поверхностям, таким как бордюрный камень, водоотводные лотки, люки и решетки ливневой канализации, трамвайные рельсы.

Основная часть. В отечественной нормативной документации описанные выше конструктивные узлы не имеют четкого технического определения и обозначаются как сопряже-

ние полос [6], швы сопряжения [7], поперечные стыки (швы) [8], холодные стыки [9]. Наиболее часто применяемый термин «сопряжение», обычно трактуется как образование контакта между конструктивными элементами или деталями конструкций. Зарубежные источники [1, 2, 10] используют единый термин «Longitudinal Joint», или продольный шов. Однако, шов предполагает наличие полости заполняемой герметизирующим материалом, что не предусматривается традиционными технологиями устройства асфальтобетонных покрытий. Таким образом, здесь и далее будет использоваться понятие – «сопряжение» для определения плоскости контакта асфальтобетона с асфальтобетоном и прочими поверхностями (металлическими, цементобетонными), а дефекты, возникающие в этих зонах – технологическими трещинами, в силу того, что образование сопряжений вызвано объективными особенностями технологии устройства жестких покрытий. Участок асфальтобетона, расположенный на расстоянии 15–20 см от линии сопряжения смежных полос обозначается как зона сопряжения.

Возникновение дефектов в зонах сопряжений, является признанной проблемой эксплуатации асфальтобетонных покрытий во всех странах мира с развитой дорожной сетью. Особенность данной проблемы состоит в том, что в зависимости от ширины проезжей части, суммарная протяженность продольных сопряжений может в 4–5 раз превышать протяженность участка самого покрытия.

Принципиальным решением проблемы является устройство асфальтобетонных покрытий эшелонном асфальтоукладчиков на всю ширину проезжей части с максимальной протяженностью суточной захватки. Данные мероприятия направлены в первую очередь на формирование однородного монолитного покрытия и сведение к минимуму количества и протяженность хо-

лодных стыков. На территории Российской Федерации по такой «бесшовной» технологии в 2011г. построена гоночная трасса Moscow Raceway в Волоколамском районе Московской области общей протяженностью 4070 м. Однако, укладка асфальтобетонной смеси на всю ширину в местах значительного расширения проезжей части, например, на пунктах взимания платы, таможенных терминалах, парковках - затруднительна, а при строительстве аэродромов и проведении ремонтных работ на автомобильных дорогах – невозможна. В результате, наличие продольных и поперечных холодных стыков является неизбежной особенностью технологии устройства асфальтобетонных покрытий.

За последние 20 лет разработаны и рекомендованы к практическому применению ряд технологических и конструктивных решений по ликвидации проблемы устройства холодных стыков [4, 10], большая часть которых направлена на повышение коэффициента уплотнения асфальтобетонного покрытия в зоне сопряжения. Однако, было отмечено, что далеко не во всех случаях, сопряжения с большей плотностью асфальтобетона проявляли высокий уровень долгосрочной надежности. Было выдвинуто предположение, что определяющим фактором является величина водонасыщения непосредственно в зоне стыка. В общем, это хорошо согласуется с механизмом возникновения дефектов, согласно которому, именно воздействие избыточной влаги инициирует начало разрушения покрытия. На основании обобщенного опыта дорожных и аэродромных исследований, был сделан вывод о том, что в начальный период возникновения дефектов асфальтобетонного покрытия основную роль играет величина остаточной пористости и водонасыщение, тогда как интенсивность разрушений определяется коэффициентом уплотнения асфальтобетона. Так же отмечалось, что в районах с сухим жарким климатом проблема разрушения холодных стыков стоит не так остро, как в регионах с холодным и, особенно, влажным климатом.

Таким образом, долгосрочная эксплуатационная надежность стыков смежных полос и, в определенной степени, самого покрытия может быть достигнута путем уменьшения остаточной пористости (и, соответственно, значения водонасыщения) асфальтобетона в зоне холодного стыка. Очевидно, что данная задача может быть решена путем обработки холодной кромки ранее уложенной полосы битумным вяжущим, непосредственно в процессе устройства покрытия.

Ключевым параметром, определяющим эффективность данной технологии, является соответствие количества вяжущего материала объе-

му открытых пор или другими словами – обеспечение необходимого расхода вяжущего. Так, для смеси марки ЦМА 15, применяемой для устройства верхних слоев покрытий большинства федеральных автомобильных дорог, необходимый расход вяжущего составляет 0,35 кг на погонный метр. Разогретый битум и, тем более, битумная эмульсия, традиционно применяемые для обработки кромок, не могут обеспечить требуемый расход в силу недостаточной вязкости. Максимально достижимый расход битума составляет 0,07 кг/п.м., а битумной эмульсии – 0,02 кг/п.м., что совершенно недостаточно для устранения избыточной пористости. Попытка увеличить расход вяжущего приводит к его стеканию с наклонной кромки, что не только не обеспечивает качество устройства сопряжения, но и препятствует уплотнению устраиваемой полосы.

В связи с этим, наиболее эффективным решением задачи внесения необходимого количества, вяжущего и обеспечения целостности асфальтобетона в зоне холодного стыка является применение стыковочных лент, представляющих собой прямоугольный профиль, изготовленный из битумно-полимерного вяжущего, рис.1. Технология применения лент предусматривает разматывание рулона ленты вдоль уложенной полосы покрытия, фиксацию ее на кромке, снятие защитной пленки и последующие стандартные технологии по укладке и уплотнению асфальтобетонной смеси.



Рис. 1. Внешний вид стыковочной битумно-полимерной ленты

Основа метода состоит в том, что стыковочная лента, уложенная на кромку холодной полосы, рис. 2, до устройства сопряжения, плавитя под воздействием высокой температуры укладываемой смеси и, в процессе уплотнения, заполняет поры асфальтобетона вдоль стыка,

снижая тем самым значение водонасыщения. Часть вяжущего при этом выдавливается на поверхность покрытия, формируя дополнительный защитный слой, непосредственно над холодным стыком. Особенностью технологии устройства стыков и примыканий с использованием лент, является то, что вдоль стыка формируется зона асфальтобетона, перенасыщенная битумно-полимерным вяжущим, а не физический «шов» между стыкуемыми поверхностями, рис.3.



Рис. 2. Стыковочная лента на холодной кромке, ранее уложенной полосы покрытия

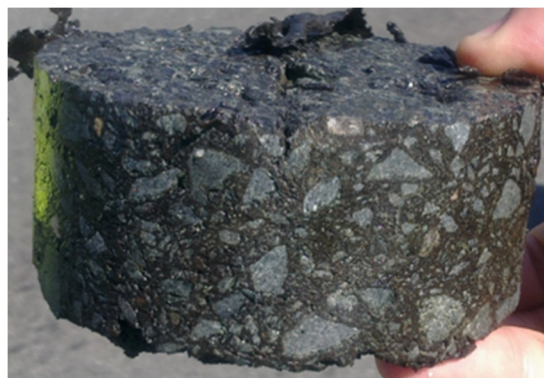


Рис. 3. Керн, отобранный в месте сопряжения смежных полос покрытия

Стыковочные ленты, обозначаемые в зарубежной литературе как Joint Tape, известны и применяются в развитых странах более 30 лет. [11,12]. В Германии технология применения лент регламентируется стандартом ZTV Fug-StB 01 [13]. Наиболее широко известными продуктами являются ленты TOK-Band (Denso, Великобритания) и Bornit joint tape (BORNIT, ФРГ) Viguma Tape (DGA, ФРГ). В Республике Беларусь действует национальный стандарт [14], определяющий применение лент для сопряжения смежных полос при устройстве верхних слоев асфальтобетонных покрытий. В РФ государственный стандарт не разработан, а стыковочные ленты производятся рядом компаний по Стандартам организаций и применяются при устройстве продольных и поперечных технологических стыков, а также примыканий асфальтобетонных покрытий к цементобетонным и металлическим поверхностям. Наиболее широко на дорожно-строительном рынке представлены ленты торговых марок «БРИТ» (ООО «НОВА-Брит», г. Москва), «Лендор» (ООО «Техпрогресс», г.Тула), «Вейдор» (ООО «Вейдор», г.Владимир).

Анализ технических требований, представленных в различных стандартах, свидетельствует, что основное внимание уделяется качеству битумно-полимерного вяжущего, применяемого для изготовления лент, табл. 1 – 4, а не самому изделию.

В Республике Беларусь, лента изготавливается в соответствии с требованиями Национального Стандарта СТБ 1937, табл.2. В РФ стыковочные ленты производятся несколькими компаниями со следующими техническими характеристиками, табл. 3-4.

Таблица 1

Технические требования к стыковочным лентам в ФРГ

Наименование показателя	Норма по TL Fug-StB 01
Температура размягчения по КиШ, °С, не менее	90
Гибкость на брусе радиусом 20 мм, при температуре 0 °С	На поверхности образца не должно быть трещин
Пенетрация конусом при 25 °С, мм ⁻¹ не более	30
Плотность, кг/дм ³	1,10

Таблица 2

Технические требования к стыковочным лентам в Республике Беларусь

Наименование показателя	Норма по СТБ 1937
Температура размягчения по КиШ, °С, в пределах	80–90
Гибкость на брусе радиусом 20 мм, при температуре -5 °С	На поверхности образца не должно быть трещин
Растяжимость при температуре 25 °С, не менее	35
Геометрические размеры: ширина, мм толщина, мм	50±5 4±1

Таблица 3

Технические требования к стыковочным лентам в России, компания ЛЕНДОР

Наименование показателя	Норма для мастичного слоя ленты ЛЕНДОР
Глубина проникания иглы, 0,1 мм, не менее: при температуре 25 °С при температуре 0 °С	30-50 25
Растяжимость, см, не менее: при температуре 25 °С при температуре 0 °С	25 20
Температура размягчения по КиШ, °С, не ниже	80
Температура хрупкости по Фраасу, °С, не выше	-20
Эластичность, %, не менее: при температуре 25 °С при температуре 0 °С	80 70
Изменение температуры размягчения после прогрева, °С, не более (по абсолютной величине)	5
Температура вспышки, °С, не ниже	230
Сцепление с эталонным мрамором	Выдерживает по образцу № 2

Таблица 4

Технические требования к стыковочным лентам в России, компания БРИТ

Наименование показателя	Норма для мастичного слоя ленты «БРИТ-А»
Температура размягчения по КиШ, °С, не ниже	80
Температура хрупкости по Фраасу, °С, не выше	минус 25
Глубина проникания иглы при 25 °С, мм ⁻¹ , не более	60
Водопоглощение, %, не более	0,3

Как видно, табл. 5, все стандарты на ленты стыковочные регламентируют пределы морозоустойчивости и теплостойкости битумно-полимерного вяжущего. Такой подход вполне обоснован, так как вяжущее ленты входя в структуру асфальтобетона должно быть совместимо с ним, и соответствовать интервалу пластичности вяжущего, применяемого для производства асфальтобетонной смеси.

Использование в ряде стандартов характеристик, традиционно применяемых для оценки качества битумных вяжущих, представляется излишним. Такие характеристики, как растяжимость, эластичность и водопоглощение важны для проектирования составов и производства асфальтобетонных смесей, но не влияют на способность стыковочных лент выполнять свою основную функцию – заполнять поры асфальтобетона.

В то же время, ни в одном стандарте не сформулированы такие важные технологические требования, как способность лент разматываться из рулона без растрескивания при минимально допустимых температурах укладки асфальтобетонных смесей и способность сохранять физическую форму без слипания рулона при транспортировке и хранении в условиях высоких летних

температур. Другая технологическая характеристика – типоразмер ленты, определяющий удельный расход вяжущего на погонный метр сопряжения, в стандартах приводится как справочная величина, без определенных рекомендаций для различных типов смесей и конструкций, что может приводить к произвольному выбору лент и снижению эффективности их применения.

Исходя из функционального назначения и технологии применения, можно сформулировать основные технические требования к стыковочным лентам и применяемым для их изготовления вяжущим, а именно: технологичность и совместимость с асфальтобетоном.

1. Технологичность. Так как, стыковочные ленты являются рулонными материалами, а технология предусматривает их применение непосредственно на месте устройства покрытия, к ним необходимо предъявлять следующие требования:

- сохранность геометрического профиля, и исключение слипания рулонов при транспортировке и хранении в условиях максимальных летних температур.

- способность рулонов ленты разматываться при минимальных температурах устройства асфальтобетонных покрытий.

- соответствие геометрических параметров типу применяемой смеси.

Таблица 5

Сравнение технических требований к стыковочным лентам

Характеристика	TL Fug-StB 01 Германия	СТБ 1937 Беларусь	СТО 77310225.001 БРИТ-А	Лендор СТО 18314696-005 Россия
Теплостойкость				
Температура размягчения по КиШ, °С, не ниже	90	80–90	80	80
Пенетрация, мм ⁻¹ , не более	30		60	30 - 50
Морозоустойчивость				
Гибкость на брус R = 20 мм, °С, не выше	0	минус 5		
Температура хрупкости по Фраасу, °С не выше			минус 25	минус 20
Эксплуатационные				
Сцепление с эталонным мрамором				По образцу № 2
Эластичность, %, не менее: при температуре 25 °С при температуре 0 °С				80 70
Растяжимость, см, не менее: при температуре 25 °С при температуре 0 °С				25 20
Технологические				
Основные типоразмеры, мм				
ширина	40	50	50	50
толщина	10	5	8	5

2. Совместимость с асфальтобетоном.

В связи с тем, что после укладки смежной полосы, вяжущее ленты плавится и фактически входит в состав асфальтобетона, оно должно обладать следующими физико-механическими характеристиками:

- теплостойкость - не ниже теплостойкости вяжущего, применяемого для изготовления асфальтобетонной смеси.

- морозостойкость - не выше морозостойкости вяжущего, применяемого для изготовления асфальтобетонной смеси.

- прочность сцепления со щебнем (адгезия к каменному материалу).

Рассмотрим более детально и проанализируем показатели, которые, по нашему мнению, необходимо учитывать при разработке стыковочных лент для дорожного и аэродромного строительства и работе с ними.

Теплостойкость. Абсолютный температурный максимум, зафиксированный на территории РФ составляет 45 °С, что и является максимальным значением теплостойкости для стыковоч-

ных лент. При этой температуре ленты не должны терять свои геометрические параметры, а рулоны лент и их витки не должны слипаться. В качестве характеристик теплостойкости принимается совокупность показателей температуры размягчения по КиШ и глубины проникновения иглы при 25 °С. Опытным путем установлено, что для обеспечения теплостойкости более 45 °С, значение температуры размягчения должно быть не менее 85 °С, а глубины проникновения иглы при 25 °С не более 60×10^{-1} мм.

Морозоустойчивость. В качестве характеристик морозоустойчивости вяжущего используются показатели гибкости на брус, либо температура хрупкости на приборе Фрааса. Метод определения по значению гибкости на брус традиционно применяется для оценки низкотемпературных свойств гидроизоляционных мастик и рулонных кровельных материалов, содержащих в своем составе значительное количество наполнителей. В то же время, оценить низкотемпературные свойства битумных и битумно-полимерных вяжущих, из которых изготавлива-

ются стыковочные ленты, позволяет метод определения хрупкости по Фраасу. Температура хрупкости фактически применяемых в РФ вяжущих в II и III дорожно-климатических зонах, обычно не ниже минус 25 °С, что, вероятно, и является обоснованным минимальным значением морозоустойчивости для стыковочных лент. Повышение температуры хрупкости вяжущего для южных регионов нецелесообразно, так как, не смотря на более высокие температуры эксплуатации покрытий, на данный показатель накладываются технологические ограничения по способности рулонов разматываться при минимальной температуре укладки смеси.

Гибкость. СП 78.13330.2012 «Автомобильные дороги» [15] допускает устройство асфальтобетонных покрытий при температурах не ниже 5 °С, что и является минимальным значением гибкости самой стыковочной ленты любого типоразмера. Гибкость, в отличие от температуры хрупкости битумно-полимерного вяжущего, может определяться методом изгибания на брусе диаметром 50 мм по ГОСТ 26589.

Совместимость. Учитывая, что после укладки смежной полосы покрытия, стыковочная лента плавится и входит в состав асфальтобетона в зоне сопряжения, вяжущее ленты должно быть совместимо с асфальтобетонной смесью. Качественно оценить такую совместимость можно по показателю адгезии битумно-полимерного вяжущего к поверхности щебня после кипячения в соответствии с [16]. Адгезия считается удовлетворительной, если после испытания не менее 80 % поверхности щебня остается покрытой пленкой вяжущего. Данная методика может быть взята за основу для оцен-

ки совместимости битумно-полимерного вяжущего из стыковочных лент с асфальтобетоном.

Типоразмер. В зависимости от типа применяемой смеси на кромке уложенной полосы формируется асфальтобетон различной пористости. Помимо этого, проектные решения могут предусматривать доуплотнение или вертикальную обрезку кромки, что в свою очередь изменяет структуру стыкуемой поверхности. Расход вяжущего для ленты профиля [50×5] мм составляет 230 гр/пм, а для профиля [50×10] – 460 гр/пм. Приведенные данные показывают, что для каждого типа асфальтобетонной смеси, а также конструкции, при сопряжении должны применяться индивидуальные типоразмеры лент, расход вяжущего которых соответствует пористости асфальтобетона в зоне холодного стыка. При этом, косвенным подтверждением максимального заполнения пор в зоне сопряжения, является выдавливание избыточного вяжущего на поверхность покрытия при уплотнении смеси. Таким образом, можно сформулировать минимальный перечень технических требований к стыковочным лентам, позволяющий обеспечить технологичность их применения и выполнение основной функции – заполнения пор асфальтобетона в зоне сопряжения, табл. 6.

Определение рекомендуемого типоразмера стыковочной ленты, а, следовательно, и количества вяжущего, вносимого на холодный стык, соответствующего данному типу смеси и применяемой конструкции, представляется темой отдельного исследования, которое может быть проведено только в рамках опытно-промышленных работ

Таблица 6

Технические требования и методы испытаний стыковочных лент

Наименование показателя	Значение показателя	Методы испытаний
Температура размягчения по КиШ, °С, не ниже	80	ГОСТ 11506
Глубина проникания иглы при 25 °С, мм ⁻¹ , не более	60	ГОСТ 11501
Температура хрупкости по Фраасу, °С, не выше	минус 25	ГОСТ 11507
Адгезия вяжущего к щебню	4–5 балла	ГОСТ 9128
Гибкость ленты на брусе диаметром 50 мм, °С, не выше	5	ГОСТ 26589

Выводы. На основании выполненного анализа можно отметить следующее:

1. Нормативная база РФ касательно технических требований к стыковочным лентам для аэродромного и дорожного строительства и методов их испытаний практически отсутствует и нуждается в развитии, т.к. на сегодняшний день каждый производитель опирается на удобные для него показатели, в ряде случаев не отвеча-

ющие условиям работы ленты в дорожном конструктиве.

2. Исходя из функционального назначения и технологии применения стыковочных лент, необходимо сформулировать к ним и применяемым для их изготовления вяжущим основные технические требования, а именно: технологичность и совместимость с асфальтобетоном.

3. Необходимо внесение единообразия на территории РФ по типоразмерам стыковочной

ленты, используемой в аэродромном и дорожном строительстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Prithvi S. Kandhal, Timothy L. Evaluation of eight longitudinal joint, Ramirez. National Center for Asphalt Technology Auburn University. 2002.

2. HMA Longitudinal Joint Evaluation and Construction. Final Report. Stacy G. Williams, Department of Civil Engineering University of Arkansas. 2011.

3. Can Chen. Evaluation of Iowa asphalt pavement joint cracking, Iowa State University. 2014.

4. Барковский Д.В., Высоцкая М.А. Технология устройства продольных швов сопряжения асфальтобетонных покрытий. Мировой опыт// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №6. С. 16–24.

5. ГОСТ 9128-2009 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. Введен в действие 1 января 2011 г. 27 с.

6. ВСН 14-95 «Инструкция по строительству дорожных асфальтовых покрытий», Москва. 1995.

7. Технические рекомендации по устройству дорожных конструкций с применением асфальтобетона, Москва. 2007.

8. СП 78.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редак-

ция СНиП 3.06.03-85. Утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30 июня 2012 г. № 272 и введен в действие с 1 июля 2013 г. 53 с.

9. http://www.russianhighways.ru/about/normative_base/standards-organizations/

10. Fleckenstein L. John. Compaction at longitudinal construction joint in asphalt pavement, Kentucky Transportation Center. 2002.

11. Информационные материалы компании DENSO NORTH AMERICA INC, США. 2009

12. Информационные материалы компании BORNIT, Германия. 2014.

13. TL Fug-StB 01 «Дополнительные технические условия и руководство по устройству швов дорожных покрытий», Германия. 2001.

14. СТБ 1937 «Лента битумная. Технические условия», Минск. 2009.

15. ОДМ 218.2.003-2007 Рекомендации по использованию полимерно-битумных вяжущих материалов на основе блоксополимеров типа СБС при строительстве и реконструкции автомобильных дорог. Введен в действие 1 февраля 2007. № ОБ-29-р.

16. ОДМ «Методические рекомендации по устройству одиночной шероховатой поверхностной обработки техникой с синхронным распределением битума и щебня», Москва. 2001. Введен в действие 26 октября 2001 г. 78 с.

Barkovskii D.V., Vysotskaya M.A.

TECHNICAL REQUIREMENTS AND TEST METHODS OF BITUMEN-POLYMER JOINTING TAPES FOR ROAD AND AIRFIELD CONSTRUCTION

The paper discusses the experience of the evaluation of the technical parameters of connecting strips for asphalt coating of roads and airfields. Proposed indicators which it is advisable to perform the test strips for their efficient operation.

Key words: *bituminous-polymeric connecting strip, the seam pairing, coating, methods of quality assessment, regulatory documentation.*

Барковский Дмитрий Владиславович, аспирант.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Высоцкая Марина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: roruri@rambler.ru