

Барковский Д.В., аспирант,
Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ПРОДОЛЬНЫХ ШВОВ СОПРЯЖЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ. МИРОВОЙ ОПЫТ

roruri@rambler.ru

В работе рассмотрен мировой опыт по выполнению сопряжения смежных полос из асфальтобетона устраиваемого дорожного покрытия. Изучены возможные причины нарушения сплошности покрытия между полосами.

Ключевые слова: шов сопряжения, покрытие, асфальтобетон, «технологические» трещины.

Введение. Возникающие в процессе эксплуатации асфальтобетонных покрытий дефекты связаны, как правило, не только с качеством асфальтобетонной смеси, но и, в первую очередь, с нарушениями технологий устройства покрытий. К их числу относится проблема выполнения надежного сопряжения смежных полос устраиваемого покрытия. Образующиеся при этом соединения, в различных источниках [1–3], определяются как сопряжения смежных полос, стыки, или как продольные технологические (конструктивные) швы. Особенность данной проблемы состоит в том, что в зависимости от ширины проезжей части, суммарная протяженность продольных швов может в 4–5 раз превышать протяженность участка асфальтобетонного покрытия. К числу особенностей рассматриваемой тематики, также можно отнести отсутствие единой терминологии. В связи с этим, в работе, согласно [1], приняты следующие термины и определения:

- Шов сопряжения – продольные и поперечные соединения, образующиеся при сопряжении смежных полос асфальтобетонных покрытий. Несмотря на некоторую техническую неточность, данный термин представляется

наиболее удобным для обобщения сведений из различных источников;

- Зона шва сопряжения – участок покрытия, расположенный на расстоянии 150 мм в обе стороны от шва сопряжения;
- Неограниченный край – кромка полосы покрытия, не опирающаяся на смежную полосу или бордюр.

Основная часть. Практика показывает, что в процессе эксплуатации, в зоне швов сопряжения возможно образование быстро прогрессирующих дефектов покрытия. Первичные дефекты в виде тонких разветвленных трещин, образуются в течение 5–6 месяцев эксплуатации. В осеннее-зимний период, в результате многочисленных циклов замораживания-оттаивания начинается шелушение покрытия в зоне швов сопряжения. Этот процесс сопровождается интенсивным выкрашиванием каменного материала. Воздействия транспортной нагрузки и природно-климатических факторов способствуют развитию дефектов покрытия, рис. 1.

В результате, уже после 2–3 лет эксплуатации, на большинстве покрытий автомобильных дорог образуются так называемые «технологические» продольные трещины, а затем выбоины, рис. 2 и 3.



Рис. 1. Динамика разрушения «технологических» трещин покрытия



Рис. 2. Технологическая трещина



Рис. 3. Разрушение покрытия в зоне технологической трещины

Если в этот период не предпринимаются меры по ремонту или герметизации трещин, то в последующие несколько лет на таких участках образуются отдельные выбоины, которые могут объединяться в крупные дефекты большой глубины. Практика показывает, что применение для ремонта продольных трещин битумных мастик и герметиков оказывается малоэффективным по причине большой (20–40 мм) ширины их раскрытия и высокой степени разрушения кромок. Наиболее эффективным методом ремонта в данной ситуации является проведение ямочного ремонта, с обязательным удалением ослабленного асфальтобетона на ширину 200–400 мм. Однако, учитывая общую протяженность «технологических» трещин, такие операции оказываются трудоемкими и дорогостоящими.

Исследования [2–5], проведенные в США и Европе, показывают, что основными причинами

возникновения дефектов, являются недостаточная плотность и избыточная пористость асфальтобетона в зоне швов сопряжения. Так, в работах [2, 3] отмечается, что даже при проведении специальных мероприятий по повышению надежности швов сопряжения, плотность асфальтобетона на таких участках ниже, чем в основном покрытии. По данным [2], минимальные значения плотности для всех конструкций наблюдались со стороны неограниченной кромки устраиваемой полосы покрытия и непосредственно в шве, рис. 4.

Однако, исследованиями, проведенными в Кентукском Университете [1], было доказано, что швы сопряжения с высокой плотностью асфальтобетона не всегда проявляли высокий уровень долгосрочной надежности.

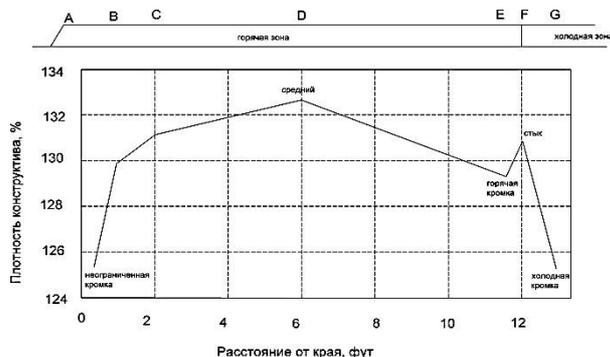


Рис. 4. Зависимость плотности асфальтобетона от места расположения в покрытии: А – неограниченная кромка; D – ось покрытия; E – ограниченная кромка; F – шов сопряжения

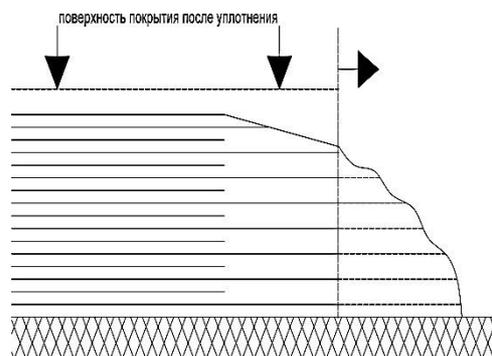


Рис. 5. Схема изменения плотности асфальтобетона в неограниченной кромке после уплотнения

Было выдвинуто предположение, что определяющим фактором является величина водонасыщения непосредственно в шве и в прилегающей к нему зоне. На основании обобщенного опыта дорожных и аэродромных исследований был сделан вывод, что в начальный период возникновения дефектов основную роль играет величина остаточной пористости и водонасыщения, тогда как интенсивность разрушений опре-

деляется коэффициентом уплотнения. Косвенным доказательством такого мнения является тот факт, что в районах с сухим жарким климатом проблема разрушения швов сопряжения стоит не так остро, как в регионах с холодным.

Очевидно, долгосрочная эксплуатационная надежность швов сопряжения смежных полос устраиваемого асфальтобетонного покрытия и, в определенной степени, самого покрытия может

быть достигнута при минимальной разнице величин остаточной пористости и коэффициента уплотнения асфальтобетона в шве и в основном покрытии. Достичь однородности этих показателей в различных точках покрытия довольно сложно. Это связано в первую очередь с температурной и гранулометрической сегрегацией асфальтобетонной смеси [5, 6] в процессе ее производства, транспортировки и укладки.

Зачастую, при выгрузке смеси в кузов транспортного средства, крупный каменный материал размещается у борта сверху, поэтому в процессе транспортировки остывает быстрее, а при выгрузке в асфальтоукладчик оказывается у борта бункера и сверху выгружаемой смеси, где продолжает интенсивно охлаждаться, рис.6. В результате, под плитой укладчика оказываются



Рис. 6. Гранулометрическая сегрегация смеси при выгрузке

Наиболее эффективным методом предотвращения разрушения швов сопряжения является укладка смеси на всю ширину проезжей части звеном из нескольких асфальтоукладчиков. Но даже в этом случае температура смеси в зоне шва сопряжения оказывается на 20–30 °С ниже температуры смежных полос. Кроме того, устройство покрытия на всю ширину, зачастую, является затруднительным, а в случае проведения ремонтных работ и при устройстве покрытий аэродромов и автостоянок – невозможным.

Для повышения качества покрытия в зоне швов сопряжения, при проведении работ одним асфальтоукладчиком, [7] ограничивает максимальную длину полосы укладки в зависимости от температуры воздуха и степени защищенности участка от ветра. Данное ограничение приводит не только к снижению производительности укладчика на 15–20 %, но и к увеличению количества поперечных швов сопряжения, что требует дополнительных затрат на их устройство и отрицательно влияет на ровность всего покрытия. В технических рекомендациях [8] приводятся требования по применению инфракрасного прогрева кромки холодной полосы. За счет этой операции, становится возможным про-

зоны асфальтобетонной смеси с высокой температурной и гранулометрической сегрегацией. Причем наиболее холодные и обогащенные крупным щебнем участки, оказываются в зоне швов сопряжения, рис.7. Такие участки уплотняются хуже и характеризуются более низкой плотностью и повышенной пористостью по сравнению с асфальтобетоном основной части покрытия.

В связи с этим, в последнее время, для предотвращения сегрегации асфальтобетонной смеси применяются автономные перегружатели различной производительности [4]. Однако применение перегружателей не решает главной проблемы устройства швов сопряжения – недостаточного уплотнения смеси вблизи неограниченной кромки полосы.

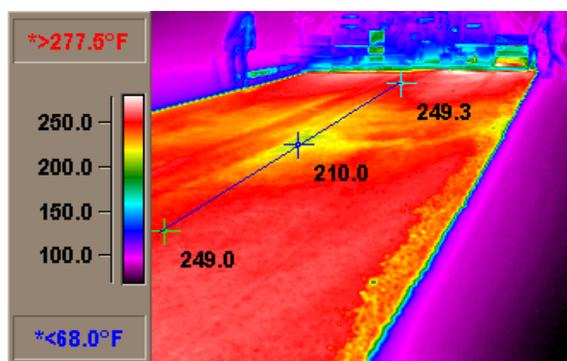


Рис. 7. Температурная сегрегация смеси при укладке

греть асфальтобетон толщиной 30–40мм за 2–3 минуты до температуры 80–100 °С. Зарубежные источники, так же указывают на эффективность данного приема, однако отмечают технические сложности в применении оборудования и снижение скорости укладки смеси.

Рассмотрим существующие конструкции и технологии устройства швов сопряжения полос проезжей части автомобильных дорог из асфальтобетона.

С середины 90-х годов прошлого века в США и Европе был выполнен ряд долгосрочных исследовательских проектов, посвященных этой тематике [9–15]. Научно-практические работы, проводившиеся на автодорогах и аэродромах в различных погодных-климатических условиях эксплуатации, позволили классифицировать конструктивные и технологические решения, обеспечивающие долгосрочную надежность данных элементов асфальтобетонных покрытий.

1. Конструктивные и технологические решения швов сопряжения

- Мичиганский клин (*Notch Wedge Joint*). Конструктивное решение, согласно которому, неограниченной кромке укладываемой полосы придается форма клина, рис. 8, получило назва-

ние формованный клиновидный шов, или Мичиганский клин. Он формируется в процессе укладки смеси с помощью специального приспособления, на брусе асфальтоукладчика, рис. 9.

Уплотнение образующей клина осуществляется гладким вальцом, весом 45–90 кг, также

закрепленным на укладчике, рис. 10. Перед устройством смежной полосы покрытия поверхность клина должна быть обработана битумной эмульсией.

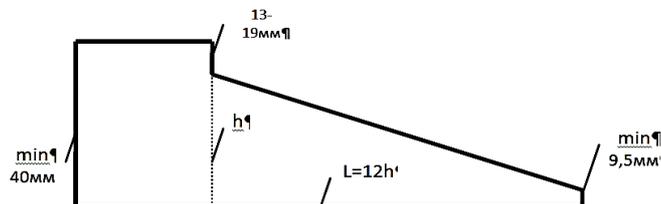


Рис. 8. Схема Мичиганского клина



Рис. 9. Схема крепления приспособления для устройства клина



Рис. 10. Малый уплотнительный валец

Особая привлекательность данной конструкции заключается в том, что устройство смежной полосы допускается в течение последующих 24 часов. Это позволяет устраивать покрытие в объеме полной сменной выработки смеси одним проходом укладчика, повышая производительность на 20–30 % и уменьшая количество поперечных швов. По данным [1] устройство Мичиганского клина обеспечивает достижение требуемого коэффициента уплотнения в зоне шва сопряжения. Применение клина совместно с битумно-каучуковыми вяжущими, позволяет получить минимальное (в сравнение с

другими конструкциями) значение водонасыщения. С точки зрения простоты исполнения данная конструкция признана наиболее технологичной.

- Обрезка кромки отрезным диском (*Cutting Wheel*). Данная технология предусматривает обрезку недоуплотненной неограниченной кромки на ширину 38–52 мм, установленным на автогрейдере, рис. 11, 12, или гладковальцевом катке диском. Является наиболее распространенной практикой при устройстве покрытий на аэродромах США.

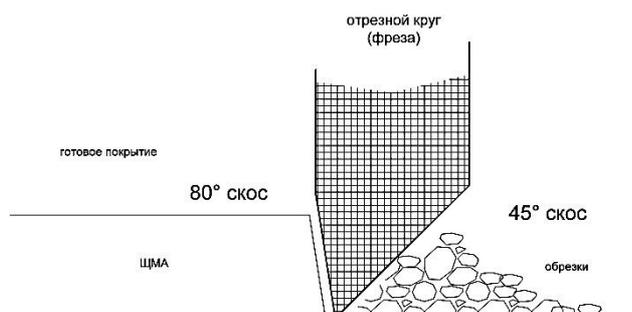


Рис. 11. Схема конструкции отрезного диска



Рис. 12. Установка отрезного диска на автогрейдере

В силу жестких требований Федеральной Аэродромной Ассоциации (FAA) США к каче-

ству аэродромных покрытий, ширина обрезки может достигать 150 мм. К недостаткам данной

конструкции относят образование большого количества асфальтобетонного лома, подлежащего последующей переработке и высокие требования к синхронности действий операторов обрезной машины и асфальтоукладчика. Кроме того, существует мнение, что воздействие отрезного круга вызывает смещение краевых зерен мине-



Рис. 13. Обрезка кромки алмазным диском

- Система прогрева кромки (*Infrared Joint Heating System*), состоит из блоков излучателей, преобразующих тепловую энергию от сгорания



Рис. 15. Система инфракрасного прогрева на автономном шасси

Технология прогрева кромки была разработана в 80-х годах, но не нашла широкого применения из-за невозможности обеспечить постоянную степень прогрева. При замедлении или остановке тягача происходил перегрев поверхности. В последнее время разработаны установки, позволяющие автоматически поддерживать постоянную температуру прогрева кромки на уровне 170 °С, не зависимо от погодных условий и скорости движения тягача или укладчика. Применение таких систем показало, что после 1 года эксплуатации покрытия продольные трещины наблюдались только на 2 % от общей длины опытного участка. На контрольном покрытии эта величина составила 36 %.

- Краевой уплотнитель (*Edge Restraining Device*) - представляет собой конический стальной валец, закрепленный через систему гидрорегулировки на стойке ведущего вальца катка, рис. 17, диаметром у основания – 75 мм. Рассто-

рального материала, что в дальнейшем способствует развитию трещин. В качестве альтернативы отрезному кругу рекомендуется применение алмазного режущего инструмента, с последующей промывкой стенки шва водой, рис. 13 и 14.



Рис. 14. Срез полосы после промывки водой

сжиженного газа в инфракрасное излучение. Блоки могут монтироваться как на автономном шасси, так и на асфальтоукладчике, рис. 15 и 16.



Рис. 16. Системы инфракрасного прогрева на асфальтоукладчике

яние от ведущего вальца катка – 150 мм. Гидравлическая система удерживает валец с постоянной прижимной силой на кромке асфальтобетона вовремя первого прохода катка. При уплотнении основной полосы валец поднимается выше уровня покрытия. Принцип действия краевого уплотнителя сводится к заземлению неограниченного края уплотняемой полосы, что позволяет достичь требуемого уплотнения непосредственно у кромки шва. Данные лабораторных и экспресс анализов показали, что применение краевого уплотнителя позволяет достигать максимальных величин уплотнения непосредственно в шве и прилегающей зоне.

Основные сложности в применении этого приспособления связаны с неравномерной толщиной кромки уплотняемой полосы, что требует практического навыка от оператора катка, так же были отмечены случаи образования складок смеси по ходу движения краевого уплотнителя.

В связи с этим была предложена [1] усовершенствованная конструкция вальца, в которой вершина конуса имеет цилиндрический выступ, рис. 18, что позволяет достичь оптимальных результатов уплотнения.

- Система предуплотнения смеси (*Joint Maker*) - представляет собой регулируемое при-



Рис. 17. Краевой уплотнитель на ведущем вальце катка



Рис. 18. Схема конструкции краевого уплотнителя

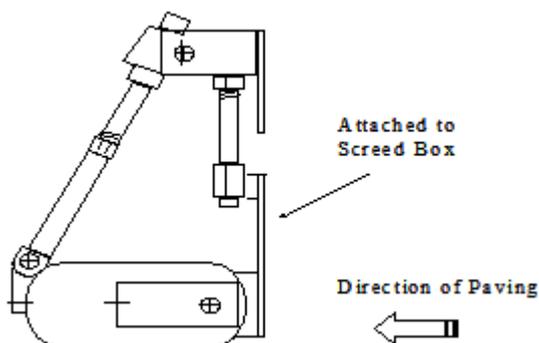


Рис. 19. Схема системы предуплотнения



Рис. 20. Крепление на асфальтоукладчике

Основной недостаток системы - сложность в настройке рабочего органа и налипание на него смеси. Также, было установлено, что использование *Joint Maker* не позволяет заметно улучшить качественные показатели асфальтобетона в зоне шва сопряжения, что делает систему неэффективной.

- Битумно-каучуковые вяжущие покрытия (*Rubberized Asphalt Tack Coat*). К данной пози-

ции, относятся дорожные мастики и специальные стыковочные ленты. Под воздействием температуры горячей смеси, вяжущее плавится и проникает в структуру асфальтобетона, снижая тем самым водонасыщение в зоне шва. Мастики для ремонта трещин и обработки кромки покрытия требуют специальных плавильно-заливочных установок и насадок-аппликаторов, рис. 21, 22.



Рис. 21. Специализированный заливщик для нанесения мастики



Рис. 22. Насадка-аппликатор

Мастика позволяет повысить эксплуатационную надежность швов сопряжения, однако отмечается, что ее применение связано со сложностями, если угол кромки покрытия превышает 45° .

- Стыковочные ленты (*Joint Tape*) изготавливаются из битумно-каучукового вяжущего и предназначены для снижения водонасыщения



Рис. 23. Укладка стыковочной ленты вдоль кромки покрытия

асфальтобетона в зоне швов сопряжения. Технология их применения не требует специализированного оборудования и заключается в укладке ленты вдоль кромки покрытия. Последующие операции по укладке и уплотнению смеси на смежной полосе выполняются по стандартным технологиям, рис.23, 24.



Рис. 24. Укладка смеси с применением стыковочной ленты

В зависимости от толщины укладываемого слоя и конструкции шва сопряжения применяются ленты различных типоразмеров: 4–10 мм по толщине и 40–50 мм по ширине. Рассматривается несколько вариантов укладки ленты, как в уровень с покрытием, так и с превышением на 3–6 мм. В последнем случае при уплотнении на поверхности асфальтобетона образуется защитный слой из вяжущего. Анализ обобщенных данных по результатам исследований [3] показал, что применение стыковочной ленты повышает уровень долгосрочной надежности всех типов конструкций швов сопряжения. Это касается и контрольных участков, специальных мероприятий по подготовке кромки покрытия не применялось.

Стыковочные ленты нашли широкое применение в США, странах Западной Европы и ближнего зарубежья [7–9]. В Германии техноло-

гия применения лент регламентируется ZTV Fug-StB01 [8].

2. Технологии уплотнения смеси в зоне швов сопряжения

Рассмотрим существующие в дорожно-строительной практике технологии уплотнения смеси в зоне шва сопряжения.

- Уплотнение с перекрытием смежной полосы, предусматривает первый проход катка по свежесуложенной полосе с перекрытием смежной полосы покрытия на 150 мм, рис. 25. Натурные и лабораторные испытания показали, что разница в коэффициентах уплотнения основного покрытия и зоны шва сопряжения не превышает 2 %, а проводившийся в течение 7 лет мониторинг выполненных объектов, подтвердил высокую долгосрочную эффективность данной технологии.



Рис. 25. Уплотнение с перекрытием смежной полосы

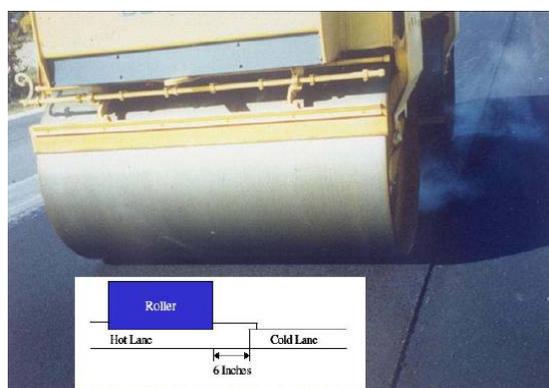


Рис. 26. Уплотнение с отступом от шва сопряжения

- Уплотнение с отступом от шва сопряжения. Начало уплотнения уложенной полосы данной технологии с отступом от шва на расстояние 150 мм, рис. 26, так же признано эффективным приемом, особенно, когда толщина уплотняемого слоя превышает 100 мм. В остальных случаях, уплотнение с перекрытием смежной полосы является предпочтительным.

- Уплотнение с холодной стороны, в настоящее время, признано наименее эффективным способом, с точки зрения обеспечения долгосрочной надежности швов сопряжения, и не входит в перечень технологий, рекомендуемых Национальным Центром Технологий Асфальтобетона (NCAT) США.

Выводы. На основании выполненного анализа, можно заключить:

1. Достижение высокого уплотнения в зоне швов сопряжения, является основным фактором, обеспечивающим их долгосрочную надежность.

2. Коэффициент уплотнения асфальтобетона в зоне шва сопряжения должен быть не более чем на 2 % меньше, чем в основном покрытии.

3. Наиболее эффективным, с точки зрения обеспечения ровности покрытия и надежности швов сопряжения, является одновременное устройство покрытия на всю ширину проезжей части звеном из нескольких асфальтоукладчиков.

4. При производстве работ одним асфальтоукладчиком рекомендуются следующие конструктивные решения (в порядке снижения эффективности):

- устройство Мичиганского клина с применением битумно-каучукового вяжущего;
- применение стыковочной ленты без устройства клина;
- устройство Мичиганского клина;
- обрезка кромки отрезным диском.

5. Применение инфракрасного прогрева кромки и краевого уплотнителя, показало высокую эффективность этих методов, однако статистических данных недостаточно для того чтобы рекомендовать их в широкую практику.

6. Уплотнение с «горячей» стороны позволяет достичь лучших результатов для всех типов конструкций

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. John Fleckenstein L., David L. Allen, David B. Schultz. Compaction at the longitudinal construction joint in asphalt pavements, Kentucky Transportation Center, May 2002. Pp. 38-54
2. Cindy K. Estakhri, Thomas J. Freeman, and Clifford H. Spiegelman, Density evaluation of the longitudinal construction joint of hot-mix asphalt

pavements, Texas Transportation Institute, August 2000. Pp. 12-18.

3. Rajib B. Mallick, Prithvi S. Kandhal, Randy Ahlrich, Skip Parker, improved performance of longitudinal joints ON asphalt airfield, Airfield Asphalt Pavement Technology Program, December 2007. Pp. 22-26.

4. Малютин Л.. Перегрузатели асфальтобетонной смеси, «Основные Средства» №11/2005 С.15-18.

5. Milt Fletcher, HMA Segregation, Clemson Highway Conference, 2007. Pp. 8-12.

6. Генрикас Сивильявичюс, Влияние параметров дозирования материалов на точность и стабильность состава изготовленной асфальтобетонной смеси, Вильнюсский технический Университет, 2004 г.

7. СП 78.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция 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.

8. R ALTE-TEIGELER, C RECKNAGEL, E SONDERMANN Kommentare zu den Regelungen fuer Fugen in Verkehrsflaechen - Teil 1 / Comments on the Technical Regulations concerning Joint Filling Systems in Pavements - Part 1 56 p.

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

10. Hughes C.S. (October 1984). "Importance of Asphalt Compaction." Better Roads, Vol. 54. №. 10. Pp. 22-24.

11. Hughes C.S. (1989). National Cooperative Highway Research Program Synthesis of Highway Practice 152: Compaction of Asphalt Pavement. Transportation Research Board, National Research Council. Washington, D.C.

12. Kandhal P.S., Mallick R.B. (1996). A Study of Longitudinal Joint Construction Techniques in HMA Pavements (Interim Report – Colorado Project). NCAT Report No. 96-03. <http://www.eng.auburn.edu/center/ncat/reports/rep96-3.pdf>

13. Brock J.D. and Skinner, T. (no date given). Longitudinal Joints, Problems and Solutions. AS-TEC technical paper T-130. ASTEC Industries, Inc. Chatanooga, TN

14. Kandhal P.S., Ramirez T.L. and Ingram, P.M. (2002). Evaluation of Eight Longitudinal Joint Construction Techniques for Asphalt Pavements in Pennsylvania. NCAT Report No. 02-03. <http://www.eng.auburn.edu/center/ncat/reports/rep02-03.pdf>

15. National Asphalt Pavement Association (NAPA). (1998). Building the Notched Wedge

Joint. TAS-126. National Asphalt Pavement Association. Lanham, MD.

Barkovskii D.V., Vysotskaya M.A.

TECHNOLOGY DEVICE INTERFACE LONGITUDINAL SEAMS OF ASPHALT CONCRETE PAVEMENT . WORLD EXPERIENCE

In this work, the international experience on performance of interface of adjacent strips from asphalt concrete of the arranged paving is considered. Possible causes of infringement of a sploshnost of a covering between strips are studied.

Key words: *interface seam, covering, asphalt, "technological" cracks.*

Барковский Дмитрий Владиславович, аспирант кафедры автомобильные и железные дороги. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Высоцкая Марина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильные и железные дороги. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: roguri@rambler.ru