

# ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА ПРОДОЛЬНЫХ ШВОВ СОПРЯЖЕНИЯ СМЕЖНЫХ ПОЛОС АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

## Обзорная информация

Барковский Д.В.,  
технический директор ООО «НОВА-Брит»  
тел./факс (495) 781 97 80, [aerodorstroy@yandex.ru](mailto:aerodorstroy@yandex.ru)

Возникающие в процессе эксплуатации асфальтобетонных покрытий дефекты связаны, как правило, с несоответствующим качеством асфальтобетонной смеси и нарушением технологии устройства покрытий.

Однако даже при полном соблюдении технологии и применение высококачественной смеси, нормативный срок службы покрытия не может быть гарантирован по ряду причин, одной из которых является проблема устройства надежного сопряжения смежных полос устраиваемого покрытия. Сопряжение смежных полос при строительстве и ремонте, является неотъемлемой частью технологии устройства асфальтобетонных покрытий. Образующиеся при этом соединения, в различных источниках, 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.

В связи с тем, что единая терминология по данному вопросу отсутствует, то здесь и далее приняты следующие термины и определения [1]:

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

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 осенне-зимний период, в результате многочисленных циклов замораживания-оттаивания начинается шелушение покрытия в зоне швов сопряжения, сопровождающееся интенсивным выкрашиванием каменного материала вдоль линии сопряжения смежных полос. Воздействие транспортной нагрузки и природно-климатических факторов вызывает прогрессирующее развитие дефектов покрытия (рис.1).



Рис.1 Прогрессирующее разрушение «технологических» трещин

В результате уже после 2-3 лет эксплуатации на большинстве покрытий образуются так называемые «технологические» продольные трещины, а затем выбоины (рис. 2, 3).



Рис.2

Технологическая трещина

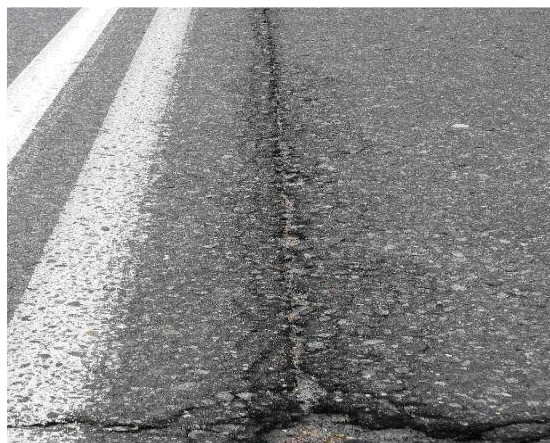


Рис.3

Разрушение покрытия в зоне технологической трещины

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

Исследования, проведенные в США и Европе, показывают, что основной причиной возникновения дефектов, является недостаточная плотность и избыточная пористость асфальтобетона в зоне швов сопряжения. Отмечается, что даже при проведении специальных мероприятий по повышению надежности швов сопряжения, плотность асфальтобетона в зоне швов практически всегда оказывается ниже чем в основном покрытии [2,3]. Причем минимальные значения плотности для всех конструкций наблюдались со стороны неограниченной кромки и непосредственно в шве [2] (рис.4).

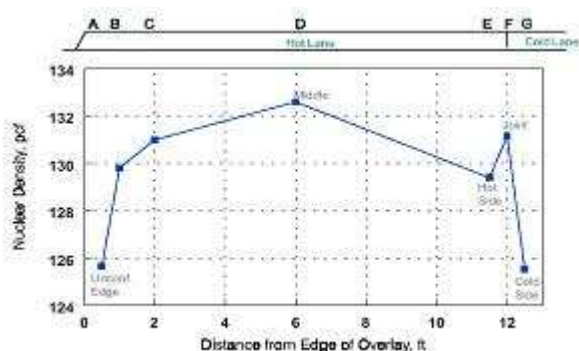


Рис.4

Зависимость плотности асфальтобетона от места расположения в покрытие:

- A – неограниченная кромка;
- D – ось покрытия;
- E – ограниченная кромка;
- F – шов сопряжения.

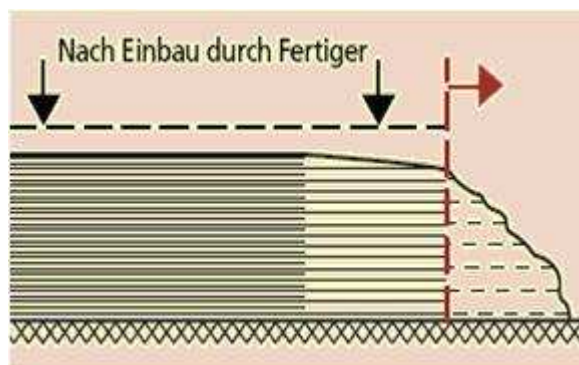


Рис.5

Схема изменения плотности асфальтобетона в неограниченной кромке после уплотнения



С другой стороны, исследования, проведенные в 2000-2004г в Кентукском Университете, показали, что далеко не во всех случаях, швы сопряжения с большей плотностью проявляли высокий уровень долгосрочной надежности [1]. Было выдвинуто предположение, что определяющим фактором является величина водонасыщения непосредственно в шве и в прилегающей зоне. В общем, это хорошо согласуется с механизмом возникновения дефектов асфальтобетона в зоне швов сопряжения, согласно которому именно воздействие избыточной влаги инициирует начало разрушения.

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 определяется коэффициентом уплотнения. Так же отмечалось, что в районах с сухим жарким климатом проблема разрушения швов сопряжения стоит не так остро, как в регионах с холодным климатом.

Таким образом, долгосрочная эксплуатационная надежность швов сопряжения смежных полос и, в определенной степени, самого покрытия может быть достигнута путем минимизации разницы в величинах остаточной пористости и коэффициента уплотнения асфальтобетона в шве и в основном покрытии.

В силу целого ряда причин, и в первую очередь из-за температурной и гранулометрической сегрегации асфальтобетонной смеси в процессе ее производства, транспортировки и укладки, формирующийся после уплотнения асфальтобетон может обладать различными физико-механическими свойствами в пределах одной полосы покрытия [5,6].

В определенных условиях, при выгрузке смеси в кузов самосвала, крупный каменный материал оказывается у борта и наверху, и 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 зоны асфальтобетонной смеси с различной температурой и грансоставом, причем наиболее холодные и обогащенные крупным щебнем участки, оказываются на краях укладываемой полосы покрытия (рис.7). Такие участки уплотняются хуже, характеризуются более низкой плотностью и повышенной пористостью, по сравнению с материалом основной части покрытия. Структура асфальтобетона в зоне швов сопряжения представляет собой крупный щебень с незначительным содержанием зерен мелкой фракции, обработанных недостаточным количеством битумного вяжущего.



Рис.6

Гранулометрическая сегрегация смеси при выгрузке из самосвала

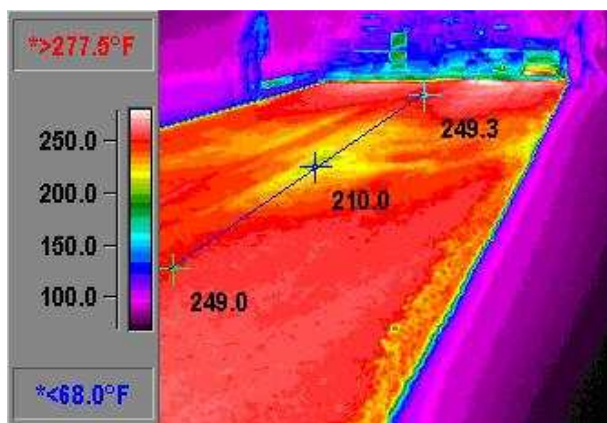


Рис.7

Температурная сегрегация смеси при укладке

В последние время для предотвращения сегрегации асфальтобетонной смеси применяются автономные перегружатели различной производительности [4]. Они позволяют достичь равномерного распределения физико-механических свойств смеси по всей ширине укладываемой полосы. Однако применение перегружателей не решает главной проблемы устройства швов сопряжения – недостаточного уплотнения смеси вблизи неограниченной кромки полосы.

Наиболее эффективным методом предотвращения разрушения швов сопряжения является укладка смеси на всю ширину проезжей части эшелонами из нескольких асфальтоукладчиков. Но даже в этом случае температура смеси в зоне шва сопряжения оказывается на 20-30<sup>0</sup>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 СНиП 3.06.03 [12] 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 ТР 103-00 [13] приводятся требования по применению инфракрасного прогрева кромки холодной полосы. Применяемая с этой целью линейка-разогреватель позволяет прогреть асфальтобетон толщиной 30-40мм за 2-3 минуты до температуры 80-100<sup>0</sup>С. Зарубежные источники, так же указывают на эффективность данного приема, однако отмечают технические сложности в применении дополнительного оборудования и снижение скорости укладки смеси.

## КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА ШВОВ СОПРЯЖЕНИЯ

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

### Мичиганский клин (*Notch Wedge Joint*)

Конструктивное решение, согласно которому неограниченной кромке укладываемой полосы придается форма клина (рис.8), получило название формованный клиновидный шов, или Мичиганский клин.

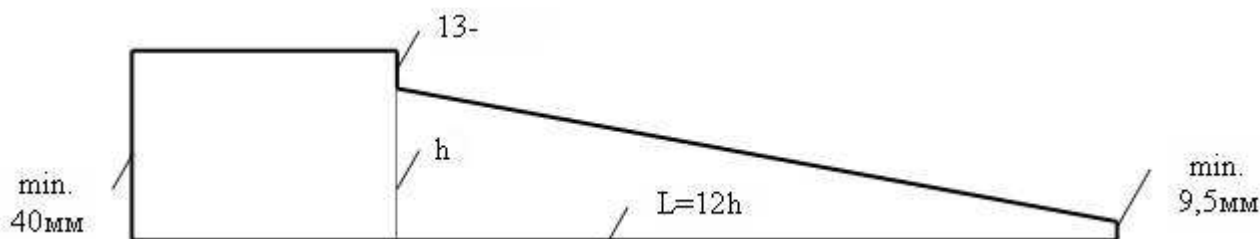


Рис.8

Схема Мичиганского клина (не в масштабе)

Мичиганский клин формируется в процессе укладки смеси с помощью специального приспособления, установленного на выравнивающем бруске асфальтоукладчика (рис.9). Уплотнение образующей клина осуществляется гладким вальцом, весом 45-90кг, также закрепленным на укладчике (рис.10).

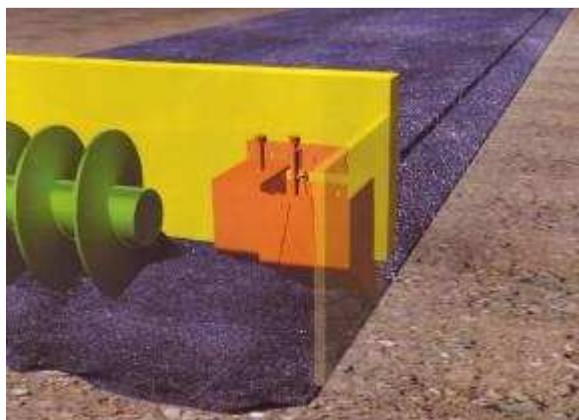


Рис.9

Схема крепления приспособления для устройства клина



Рис.10

Малый уплотнительный валец

Перед устройством смежной полосы покрытия поверхность клина должна быть обработана битумной эмульсией. 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 тем самым производительность на 20-30% и уменьшая количество поперечных швов. Устройство Мичиганского клина обеспечивает достижение требуемого коэффициента уплотнения в зоне шва сопряжения [1]. Применение клина совместно с битумно-каучуковыми вяжущими, позволяет получить минимальное значение водонасыщения (в сравнении с другими конструкциями). 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 гладковальцовом катке и является наиболее распространенной практикой при устройстве покрытий на аэродромах США.

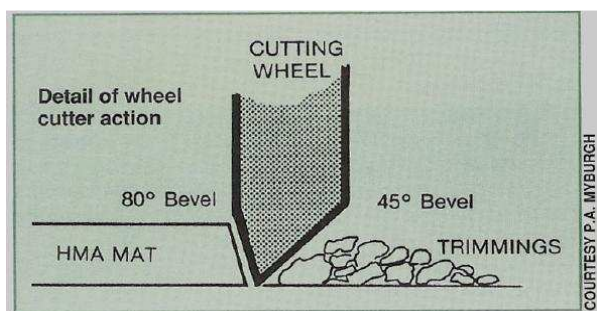


Рис.11

Схема конструкции отрезного диска



Рис.12

Установка отрезного диска на автогрейдере

В силу жестких требований Федеральной Аэродромной Ассоциации (FAA) США к качеству 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 скоординированности действий операторов обрезной машины и асфальтоукладчика. Кроме того, высказывается предположение, что воздействие отрезного круга вызывает смещение краевых зерен минерального 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, 14)





Рис.13

Влажная обрезка кромки алмазным диском



Рис.14

Вид среза после промывки водой

**Система прогрева кромки (*Infrared Joint Heating System*)** состоит из блоков излучателей, преобразующих тепловую энергию от сгорания сжиженного газа в инфракрасное излучение. Блоки могут монтироваться как на автономном шасси, так и на асфальтоукладчике (рис. 15, 16).



Рис.15

Размещение системы инфракрасного прогрева на автономном шасси



Рис.16

Размещение системы инфракрасного прогрева на асфальтоукладчике

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<sup>0</sup>С, вне зависимости 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, тогда как на контрольном участке эта величина составила 36%. Однако, на сегодняшний день накопленных данных недостаточно, и необходимо проведение дополнительных исследований.

#### **Краевой уплотнитель (*Edge Restraining Device*) .**

Краевой уплотнитель представляет собой конический стальной валец, закрепленный через систему гидрорегулировки на стойке ведущего вальца катка (рис.17). Диаметр вальца у основания – 75 мм. Расстояние от ведущего вальца катка – 150 мм. Гидравлическая система позволяет удерживать валец с постоянной прижимной силой на кромке асфальтобетона во время первого прохода катка. При уплотнении основной полосы валец поднимается выше уровня покрытия. Принцип действия краевого уплотнителя сводится к защемлению 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.



Рис.17

Краевой уплотнитель на ведущем вальце катка

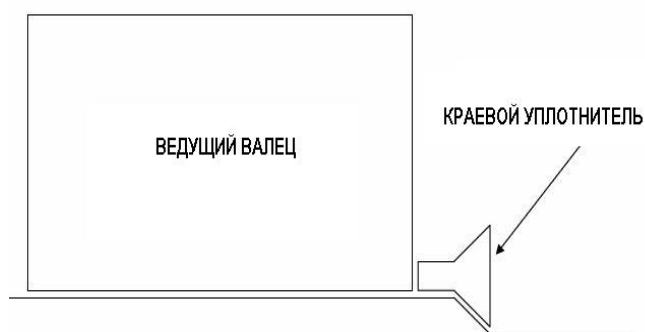


Рис.18

Схема рекомендуемой конструкции краевого уплотнителя

Основные сложности в применении этого приспособления были связаны с неравномерной толщиной кромки уплотняемой полосы, что требовало определенного практического навыка от оператора катка. Так же были отмечены случаи образования складок смеси по ходу движения краевого уплотнителя. В связи с этим была предложена усовершенствованная конструкция вальца, в которой вершина конуса имеет цилиндрический выступ (рис.18). По мнению американских ученых такая конструкция позволяет достигать оптимальных результатов уплотнения [1].

#### Система предуплотнения смеси (*Joint Maker*) .

Система предуплотнения смеси представляет собой регулируемое прижимное приспособление, установленное на внутренней поверхности выравнивающего бруса. Эллиптический рабочий орган предуплотняет смесь во время движения асфальтоукладчика. Сила прижима регулируется в зависимости от типа смеси и толщины укладываемого слоя (рис.19, 20).

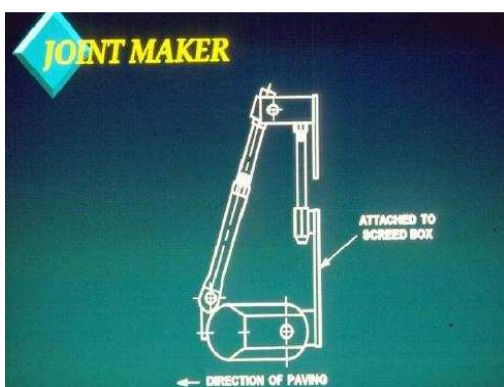


Рис.19

Схема системы предуплотнения



Рис.20

Крепление Joint Maker на асфальтоукладчике

Явным недостатком этой системы является сложность в настройке рабочего органа и налипание на него смеси. Помимо этого, анализ полученных данных показал, что использование Joint Maker не позволяет заметно улучшить качественные показатели асфальтобетона в зоне шва сопряжения, в связи с чем данная система признана неэффективной и не рекомендована к дальнейшему применению.



### **Битумно-каучуковые вяжущие покрытия (*Rubberized Asphalt Tack Coat*)**

К битумно-каучуковым вяжущим, применяемым для устройства швов сопряжения относятся обычные 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 (*Crack sealant*)**

Для обработки кромки покрытия мастиками требуется специальная плавильно-заливочная установка и плоская насадка-аппликатор (рис.21, 22).



Рис.21

Использование специализированного заливщика для нанесения мастики



Рис.22

Насадка-аппликатор

Мастика позволяет повысить эксплуатационную надежность швов сопряжения, однако отмечается, что ее применение связано с определенными сложностями в случаях, когда угол кромки покрытия превышает  $45^{\circ}$ .

### **Стыковочные ленты (*Joint Tape*)**

Стыковочные ленты, изготовленные из битумно-каучукового вяжущего, предназначены для снижения водопоглощения асфальтобетона в зоне швов сопряжения. Технология применения не требует применения специализированного оборудования и заключается в укладке ленты вдоль кромки покрытия и последующие стандартные операции по укладке и уплотнению смеси на смежной полосе (рис.23, 24).



Рис.23

Укладка стыковочной ленты вдоль кромки покрытия



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 3-6мм. В последнем случае при уплотнении на поверхности асфальтобетона образуется защитный слой из битумно-каучукового вяжущего. Анализ обобщенных данных по результатам исследований показал, что применение стыковочной ленты повышает уровень долгосрочной надежности для всех типов конструкций швов сопряжения, в том числе и на контрольных участках, где никаких специальных мероприятий по подготовке кромки покрытия не применялось [3].

Битумно-каучуковые стыковочные ленты нашли широкое применение в США, странах Западной Европы и ближнего зарубежья [7-9]. В Германии технология применения лент регламентируется стандартом ZTV Fug-StB 01 [10]. В Республике Беларусь, после проведения в 2005-2007г. опытных работ, готовится издание национального Стандарта.

## ТЕХНОЛОГИИ УПЛОТНЕНИЯ СМЕСИ В ЗОНЕ ШВОВ СОПРЯЖЕНИЯ

Вне зависимости от конструктивного исполнения шва сопряжения, в США к практическому применению рекомендовано уплотнение смеси с «горячей» стороны. При этом рассматривается уплотнение с перекрытием смежной полосы и с отступом от шва.

### Уплотнение с перекрытием смежной полосы

Технология предусматривает первый проход катка по свежеложенной полосе с перекрытием смежной полосы покрытия на 150 мм (рис.25). Натурные и лабораторные испытания показали, что в этом случае 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.

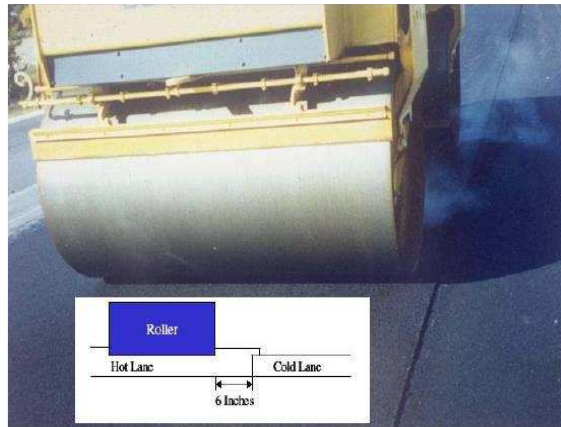


Рис.26

Уплотнение с отступом от шва сопряжения.

### Уплотнение с отступом от шва сопряжения

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

### Уплотнение с холодной стороны

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 И РЕКОМЕНДАЦИИ**

На основании проведения опытных работ, анализа данных лабораторных испытаний и результатов мониторинга выполненных объектов, были сформулированы следующие выводы и требования:

1. Достижение требуемого 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 эшелоном из нескольких асфальтоукладчиков.
  4. При производстве работ с устройством «холодного стыка» 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
- 

### **Список литературы:**

1. L. John Fleckenstein, David L. Allen, David B. Schultz. COMPACTION AT THE LONGITUDINAL CONSTRUCTION JOINT IN ASPHALT PAVEMENTS, Kentucky Transportation Center, May 2002.
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.
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.
4. Л. Малютин, ПЕРЕГРУЖАТЕЛИ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ, «Основные Средства» №11/2005
5. Milt Fletcher, HMA SEGREGATION, Clemson Highway Conference, 2007
6. Генрикас Сивиливичюс, ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДОЗИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ТОЧНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ СОСТАВА ИЗГОТОВЛЕННОЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ, Вильнюсский технический Университет, 2004г.
7. Информационные материалы компании DENSO NORTH AMERICA INC. (США).
8. Информационные материалы компании BORNIT(Германия).
9. Информационные материалы концерна DGA(Германия).
10. Kommentare zu ZTV Fug-StB 01, Bonn,2005.
11. СНиП 3.06.03 Автомобильные дороги.
12. ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТРОЙСТВУ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АСФАЛЬТОБЕТОНА, Москва 2007г.