

## Технический документ Т-130

# **ПРОДОЛЬНЫЕ ШВЫ: проблемы и решения**

Дж. Дон Брок, Т.Скиннер  
(J. Don Brock, T. Skinner)



---

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	2
ПРИНЦИПЫ УКЛАДКИ АСФАЛЬТА	3
КОНСТРУКЦИЯ ПРОДОЛЬНЫХ ШВОВ	5
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ ШВОВ	7
НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ	9
УПЛОТНИТЕЛЬ ШВОВ	10
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	13

## ВВЕДЕНИЕ

Горячая асфальтовая смесь – это пропорциональная смесь заполнителя необходимого гранулометрического состава и битума, созданная для обеспечения максимальной прочности и долговечности. Эта смесь не только прочная и долговечная, она еще и эластичная. Данное свойство делает материал приспособляемым к различным климатическим условиям. Горячая асфальтовая смесь сохраняет требуемые свойства при использовании широкого спектра заполнителей. В добавление, она может двигаться без растрескивания, благодаря своей эластичности, укладываться тонкими слоями и сохранять прочность в тяжелых условиях эксплуатации. Все эти характеристики делают горячую асфальтовую смесь излюбленным материалом для строительства дорог.

Асфальтовые смеси проектируются для пригодности к различным видам работ. Лабораторные методы подбора состава смеси, такие как метод Маршалла, гираторный и другие различные методики, предназначены для определения оптимального содержания битума для смесей различного состава. Асфальтовые смеси создаются для укладки основания, связующего и поверхностного слоев. Смесей должны быть спроектированы для различных климатических условий, чтобы выдерживать температуры от минусовых до +650С. Также они должны работать при ожидаемых нагрузках, которым будет подвергаться поверхность: от очень тяжелых грузовиков, до велосипедов и т.д.

С разработкой методики Supergravel в рамках Программы стратегических исследований в области автомобильных дорог, состав асфальтовой смеси стал значительно сложнее. Чтобы смесь функционировала так же, как спроектировано в лаборатории, необходимо обеспечить точный гранулометрический состав, содержание битума, воздушных пустот и пустот в минеральном заполнителе (VMA). Различные типы установок для контрольных испытаний, такие как анализатор колеиности или анализатор асфальтового покрытия (как показано на рис. 1), позволяют испытывать асфальтовую смесь, и дают отличные показания по эксплуатационным свойствам при продолжительных нагрузках.

Даже с этими методиками испытаний и при повышенном акценте на точном проектировании состава смеси, множество новых асфальтовых покрытий, а также многочисленные верхние слои покрытия испытывают

преждевременное разрушение по причине сегрегации смеси и неправильной укладки и уплотнении продольных швов. Чтобы избежать этого преждевременного разрушения, необходимо, чтобы используемые методы строительства позволяли равномерно укладывать смесь того же гранулометрического состава и содержания битума, что и в лаборатории. Было разработано множество новых технологий и написано статей, связанных с сегрегацией. С надлежащим оборудованием и технологией укладки, сегрегация может быть устранена даже в смесях с прерывистым гранулометрическим составом, однако продольные швы оставались постоянной проблемой на протяжении десятилетий. С тщательностью и первоклассными



Рисунок 1

технологиями может быть создан продольный шов с длительным сроком службы. Однако с изменением смеси и сменой состава рабочих, отличная технология была утрачена, и многие из наших дорог преждевременно разрушаются по продольным швам.

Чтобы разобраться в проблемах, связанных с продольными швами, необходимо понимать основные принципы укладки и уплотнения асфальтового покрытия.

## ПРИНЦИПЫ УКЛАДКИ АСФАЛЬТА

Когда асфальтовая смесь перемешана и выгружена в самосвал для перевозки на место проведения работ, ее первоначальная плотность составляет около 75% (плотность, рассчитанная в лаборатории). При укладке на дорогу, она спрессовывается или уплотняется до плотности 96% от лабораторного значения (рис. 2).

По грубым приближенным подсчетам первоначально смесь должна быть уложена толщиной в 1.25 раз большей, чем требуемая толщина конечного покрытия. Например, покрытие 50.8 мм требует распределения по дороге 63.5 мм материала, который затем уплотняется до 50.8 мм. На рис. 3 показана величина уплотнения, которая должна иметь место для различных толщин покрытия. На рис. 4 отображено отношение между толщиной покрытия и плотностью. Вибрационная плита, которая производит первоначальное уплотнение смеси за укладчиком, обычно обеспечивает 25% уплотнения или прессования покрытия. Следовательно, с покрытием 50.8 мм, плита обычно уплотняет смесь с 64.3 мм до 59.4 мм или до плотности 82%. Это уплотнение происходит через сочетание прессования и вибрации из-под плиты, как показано на рис.5. Заключительное уплотнение затем достигается одним или несколькими катками, работа-



Рисунок 2

ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ КОНЕЧНОЙ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ, мм:	ТРЕБУЕТСЯ ПЕРВОНАЧАЛЬНАЯ ТОЛЩИНА, мм:
25	32
51	65
76	96
102	128

**ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ ТОЛЩИНА ПОКРЫТИЯ ПО СРАВНИЕНИЮ СО СРЕДНЕЙ ТОЛЩИНОЙ ПОКРЫТИЯ ПЕРЕД УПЛОТНЕНИЕМ**

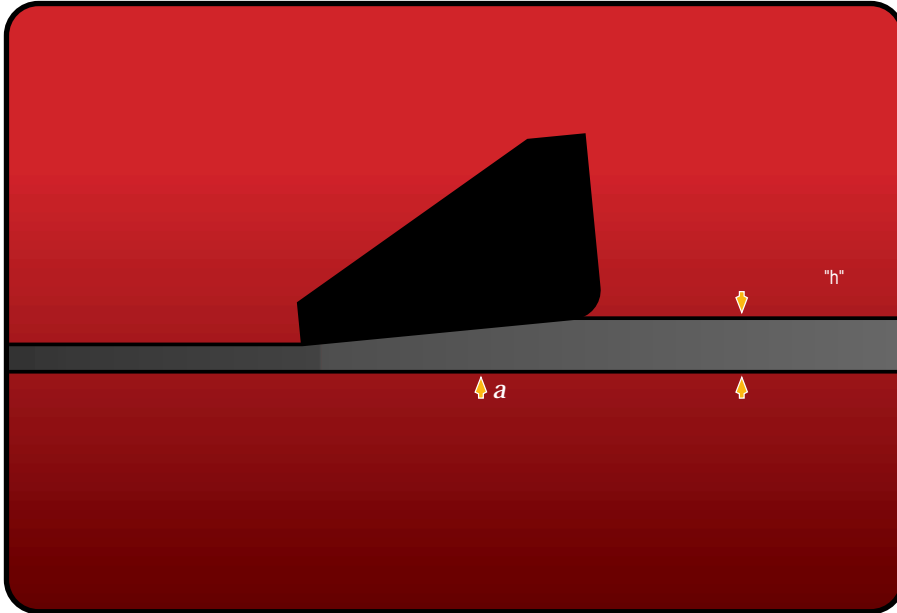
Рисунок 3

Плотность (%)	25,4	50,8	76,2	101,6	127,0
96%	25,9	51,8	77,7	103,6	129,5
94%	26,4	52,8	79,5	105,2	132,6
92%	27,2	54,1	81,3	108,5	135,4
90%	27,7	55,4	83,0	110,8	138,4
88%	28,2	56,6	85,1	113,3	141,7
86%	28,9	57,9	87,1	116,1	145,0
84%	29,7	59,4	89,1	118,1	148,4
82%	30,5	60,9	91,4	121,9	152,4
80%	31,2	62,5	93,7	124,9	156,2
78%	32,0	64,3	96,3	128,3	160,3
76%					

Объемная плотность - 1762 кг/м³. Уплотнение покрытия «h», мм. Конечная плотность - 2243 кг/м³. ??? 100% ????????? - 2339 кг/м³

**ТОЛЩИНА ПОКРЫТИЯ (при различной степени уплотнения)**

Рисунок 4



5



6



7

ющими по установленной схеме за укладчиком.

При уплотнении покрытия, как показано на рис. 3 и 4, производится допущение, что все уплотнение производится в одном направлении, то есть основание не смещается и края покрытия ограничены. Подразумевается, что покрытие ограничено по всем направлениям, кроме вертикального, в таком случае смесь уплотняется только по вертикали. Рассматривая плиту 3.7 м по ширине, видим, что данное допущение верно только для средней части покрытия шириной 3 м. Однако, так как при уплотнении покрытие не зафиксировано по внешним сторонам, оно расширяется (рис. 6). По этой причине, либо не достигается требуемая толщина либо плотность покрытия.

Если укладчик укладывает точную ширину 3.7 м, при уплотнении смеси покрытие становится шире и тоньше. Возможно, плита укладывалась 63.5 или 76.2 мм покрытия по передней кромке, но по мере того, как смесь рассредоточивается, данная глубина не сохраняется или не достигается желаемая плотность по внешним краям, как показано на рис. 6 и 7. При рассмотрении смеси за плитой, видно, что края покрытия имеют отличную от центра текстуру. Это свидетельствует о том, что когда плита начинает уплотнять покрытие по неограниченной кромке, смесь сопротивляется уплотнению и выдавливается.

По обочине дороги неограниченная кромка обычно имеет наклон в сторону обочины, что позволяет воде стекать. Хотя плотность в данной части низкая, плотность по краю не столь важна, как по центру, так как вода может стекать по наклонной обочине. В центре дороги при укладке второй полосы покрытия, кромка первой полосы ограничивает новую смесь и предотвращает ее рассредоточение. Это приводит к хорошей плотности второй полосы по центру дороги. Однако неограни-

ченая кромка первой полосы покрытия (в центре) тоньше, и появляется небольшое углубление по центру дороги. Эта зона (от первой полосы) также не является достаточно уплотненной и имеет множество воздушных пустот. Следовательно, сочетание углубления с наличием смеси с большим содержанием воздушных пустот позволяет воде скапливаться в этой зоне. При холодной погоде вода замерзает, и покрытие разрушается по центру.

тщательностью и первоклассными технологиями может быть создан продольный шов с длительным сроком службы. Однако с изменением смеси и сменой состава рабочих, отличная технология была утрачена, и многие из наших дорог преждевременно разрушаются по продольным швам.

Чтобы разобраться в проблемах, связанных с продольными швами, необходимо понимать основные принципы укладки и уплотнения асфальтового покрытия.

## КОНСТРУКЦИЯ ПРОДОЛЬНЫХ ШВОВ

Наилучший способ избежать проблем с продольными швами – прежде всего, не иметь шва. Это можно сделать с использованием укладчика на полную ширину 7.3 м, который устраняет потребность в укладке продольного шва. Сегодня большинство дорожных работ, проводимых в США, связаны с обслуживанием и восстановлением покрытий и должны проводиться без нарушения движения. Это означает перекрытие и укладку по одной полосе за раз. На рис. 8 показана укладка типичного продольного шва и сложности, возникающие при укладке надежного продольного шва.

Сейчас эти сложности устраняются:

(А) – обеспечение прямой линии кромки при укладке первой полосы, что поможет правильно сделать наложение при укладке второй полосы. Во время обустройства шва при укладке второй полосы, поддерживайте величину наложения с минимальным допустимым отклонением в 13 мм.

(Е) – наличием достаточного количества материала для уплотнения. Автоматическое управление помогает поддерживать заранее установленное количество материала, необходимое для обеспечения плотности шва.

(В), (С) и (D) – Не устраняются при данной стыковке шва.

(F) – это проблема управления машиной. Поддерживайте скорость работы шнеков, фиксируйте покрытие по краям и снижайте сегрегацию.



Рисунок 8



Рисунок 9

Недостаточное внимание фиксации покрытия при укладке первой полосы наверняка приведет к образованию некачественного шва при укладке второй полосы. При укладке первой полосы, плита уплотняет смесь, которая, как правило, выдавливается, что приводит к низкой плотности по кромке. Вторая полоса при укладке не расползается, так как удерживается кромкой первой полосы. Когда происходит наложение небольшого количества смеси, углубление от первого прохода может быть в некоторой степени устранено. Однако низкая плотность в этой зоне позволяет воде задерживаться там. Зимой вода замерзает, это становится причиной разрушения шва в данной зоне. Снова ссылаясь на рис. 8, предлагаем следующие изменения для устранения этих проблем:



Рисунок 10

(B) – при укладке увеличьте плотность внешних 0.3 м покрытия, используя вибрацию и торцевую заслонку плиты. Снизьте или уберите незначительный уклон.

(C) – устраните зону низкой плотности и небольшой уклон. Установите торцевую заслонку для удержания кромки материала почти вертикально.

(D) – холодная поверхность должна быть почти вертикальной и плотной для улучшения процесса сцепления слоев.



Рисунок 11

Рисунок 9 показывает, что если при укладке смеси может быть получена уплотненная кромка, то образуется улучшенная плотность и вертикальная кромка может использоваться для улучшения сцепления. В результате:

1) Улучшенная плотность должна практически устранить любой уклон внешнего края дороги.

2) С помощью расширяемых кромкообразователей или торцевых заслонок должна получаться практически вертикальная кромка, улучшающая сцепление материалов.



3) Острые кромки увеличивают возможность соблюдения правильного наложения и глубины второй полосы для обеспечения точного количества материала для плотности после прокатки.

Дополнительное улучшение шва достигается путем нанесения битума на вертикальный шов при выполнении битумной проливки. На рис.10 показана система герметизации продольных швов, которая крепится к распределительной магистрали на гудронаторе для распыления битума на вертикальный шов.

Другая альтернатива – это инфракрасный нагреватель, присоединенный к укладчику (рис.11). Нагреватель смягчает плохо уплотненную смесь на кромке первой полосы, позволяя смеси второй полосы прокатываться в смягченную поверхность, таким образом, увеличивая её плотность. В принципе, это надежный подход. Однако для того, чтобы он дал необходимый результат, укладчик должен работать постоянно, с небольшой скоростью. На практике это может быть осуществимо только при использовании перегружателя между самосвалом и укладчиком.



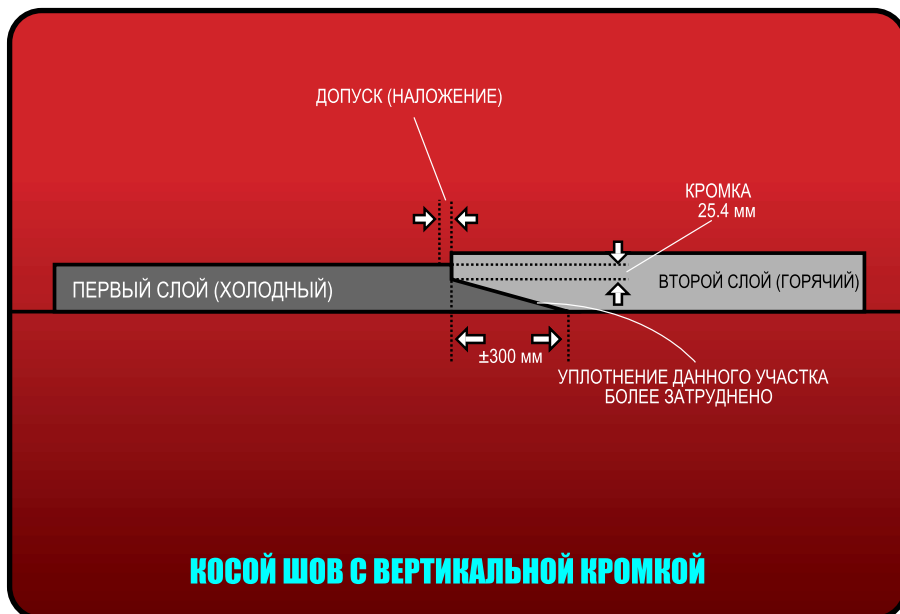
Рисунок 12

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ ШВОВ

В начале 1990х годов Национальный центр асфальтовых технологий (NCAT) исследовал продольные швы. Были изучены различные технологии укладки швов, взяты образцы кернов по обеим сторонам шва для определения участков разрушения. Исследования NCAT показали, что участок низкой плотности образовался на неограниченной кромке, как показано на рис. 8, при укладке первой полосы. Участок на дистанции 150-200 мм от центра шва более обладал низкой плотностью и высоким содержанием воздушных пустот. Это позволяет воде проникать в данную неуплотненную область. На морозе она замерзает, выламывая асфальт, что приводит к преждевременному разрушению.

Другие способы, такие как косой шов, показанный на рис. 12, были разработаны и используются в некоторых штатах. С косыми швами связаны следующие проблемы:

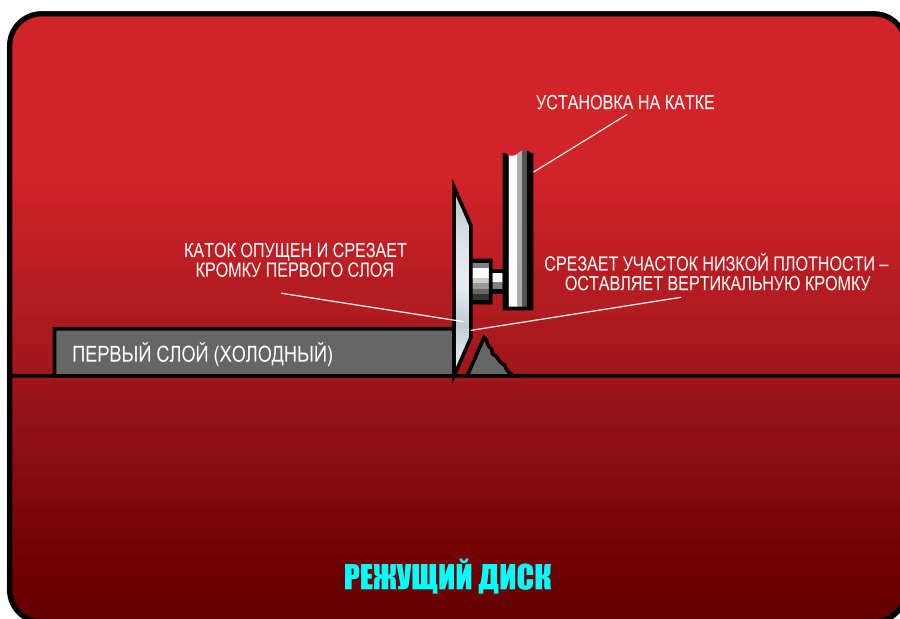
- Как уплотнить косой участок от первой полосы?
- С уклоном кромки усложняется управление укладчиком, так как отсутствует точная граница, по которой нужно следовать. Сложно сохранять необходимое наложение.
- Заполнитель в косой кромке трескается, особенно в основании, и перетягивает воздушные пустоты в покрытие. (Плохой внешний вид)
- Соответствующая степень уплотнения катком изменяется по длине уклона.
- Предположим идеальную ситуацию, если было бы возможным создать каток, способный уплотнять косую кромку. Здесь возникает



**Рисунок 13**



**Рисунок 14**



**Рисунок 15**

проблема с укладкой подходящего количества смеси на наклонную поверхность для достижения соответствующего уровня уплотнения и получения горизонтальной поверхности сверху.

На рис. 13 показан вариант косого шва, в котором оставлена небольшая вертикальная кромка. Она помогает решить проблему контроля количества смеси, укладываемой на наклонную поверхность для достижения горизонтальной конечной поверхности. Такой тип шва устраняет некоторые, но не все, из проблемных областей:

- Улучшает косую кромку или растрескивание заполнителя (внешний вид)
- Тяжелее уплотнять уклон, когда добавляется вертикальная кромка
- Улучшается управление, оно осуществляется от другой кромки
- По длине уклона изменяется необходимый объем для уплотнения катком.

На рис. 14 показан уплотнитель кромки, который монтируется на вальце катка. Он может гидравлически опускаться и фиксировать кромку покрытия на месте, в то время как каток уплотняет материал. Это устройство вместе с ограниченной кромкой или более длинной торцевой заслонкой на укладчике, может давать хорошие результаты. Однако появляются следующие проблемы:

- Обеспечение прямой линии
- Изменяемая толщина покрытия

На рис. 15 показан более точный способ устранения данной проблемы. Режущий диск, установленный на каток, может быть опущен, и неуплотненная кромка полностью срезается. Таким образом, достигаются отличные результаты, однако возникают следующие проблемы:

- Обеспечение прямой линии
- Стоимость отрезанного материала, финансовые и временные

---

затраты на его уборку

Правильные методы уплотнения также могут значительно улучшить шов. Когда совершен первый проход первичным вибрационным катком, он не должен быть ближе, чем 150 мм к кромке покрытия. Уплотняя материал сначала на расстоянии от кромки, при последующих проходах ранее уплотненная поверхность поддерживает каток, и вытеснение материала по кромке снижается, так как материал до некоторой степени остывает. При укладке второй полосы, так как горячий материал удерживается кромкой от первого прохода, каток может уплотнять с холодной стороны с наложением 150-200 мм, вдавливая материал в шов перед осуществлением второго прохода на расстоянии от шва.

## НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ

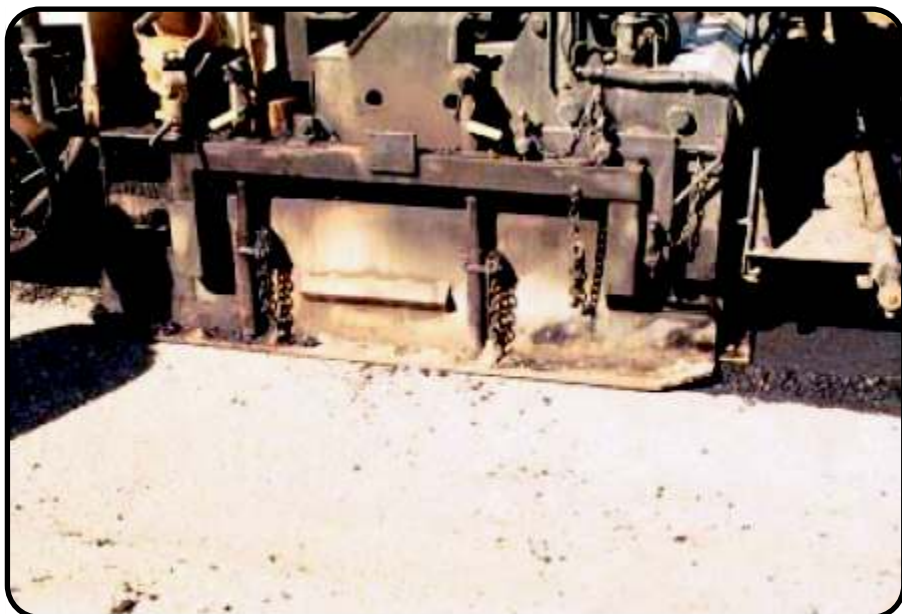
Как видно из перечисленных методов, для обеспечения правильной укладки шва требуется существенное внимание и согласованность. К сожалению, с ростом объемов производства в индустрии и с уходом на пенсию многих рабочих, качественная укладка швов становится скорее исключением, чем правилом. В попытке сделать укладку швов более согласованной, надежной и защищенной от случайных ошибок, на собрании NAPA в 1996 г. пять производителей укладчиков, заручившись поддержкой Руководящего комитета NSCAT, пришли к соглашению о формировании объединенного комитета. Целью образования комитета являлось создание установки, которая при укладке смеси обеспечила бы качественные швы с помощью механических средств.

Пять фирм-производителей укладчиков, вошедшие в комитет:

- Barber-Greene/ Cat
- Blaw-Knox
- Cedarapids
- Champion
- Roadtec

На встрече комитет пришел к соглашению о совместном использовании технологии проектирования и производства расширения плиты укладчика, которое бы присоединялось к уже работающим и новым плитам и улучшало укладку продольных швов. Комитет собрался еще раз в мае 1996 г. и в сентябре на встрече комиссии NAPA. В сентябре два производителя создали вариант приспособления и произвели предварительные полевые испытания.

Примем во внимание, что необходимое количество смеси уложено на покрытие точно по его ширине у передней кромки плиты. Если необходимо обеспечить равномерную плотность, полотно, на которое выгружается смесь, должно быть ровным и однородным, смеси нельзя позволять распространяться. Из этого наблюдения видно, что плита укладчика должна быть оснащена торцевыми заслонками с расширением к задней части плиты. В сентябре 1996 года, комитет фирм-производителей укладчиков пришел к соглашению, что, начиная с 1 декабря 1997 года, все новые укладчики будут укомплектованы торцевыми заслонками, расширяющимися до задней части плиты (рис. 16). Как видно на рис. 17 и 18, это значительно улучшает кромку. Расширяемые торцевые заслонки были распространены несколько лет назад. Однако из-за стремления к более простому подъему и опусканию заслонок для осуществления доступа к смеси при ручных работах, их производство, кроме как для передней кромки плиты, было прекращено. Дальнейшие сложности



**Рисунок 16**



**Рисунок 17**



**Рисунок 18**

появились из-за использования перед плитой гидравлических отсекателей, которые увеличивают ширину плиты и преимущественно используется для обработки разъездов и обочин. Группа производителей укладчиков пришла к соглашению, что торцевые заслонки с расширениями к задней части плиты, будут использоваться на центральном соединении плит с расширением.

На укладчиках, укомплектованных гидравлическим отсекателем, он будет использоваться только с краю, на расстоянии от центральной линии. Торцевые заслонки гарантируют, что покрытие, по крайней мере, ограничено, когда происходит 25% уплотнения. При использовании катка, когда при первом проходе он находится в пределах 0.15 м от кромки шва, сочетание этих двух операций должно значительно улучшить уплотнение шва.

## **УПЛОТНИТЕЛЬ ШВОВ**

Для обеспечения полной плотности шва, команда производителей укладчиков решила продолжать работу над расширением плиты, которое приведет к увеличению уплотнения по внешнему краю плиты (0.3 м) в пределах от 92% до 94% от лабораторной плотности. За последние несколько лет были рассмотрены различные методы и испробованы несколько устройств. Один из рассматриваемых методов заключается в направлении большего количества смеси под плиту по передней кромке. При рассмотрении перечисленных выше принципов укладки видно, что это приведет к образованию более толстого покрытия по осевой линии шва, что делает данный метод непригодным. Направление большего количества смеси под плиту по передней кромке подразумевает, что имеется достаточное расширение для поглощения дополнительной смеси. Однако невозможно добиться точного управления.

На Рис. 19 изображен уплотнитель швов шириной 0.3 м, разра-

ботанной компанией Roadtec. Устройство присоединяется к плите с помощью клиновых фиксаторов, нижнее зеркало плиты отсоединено от основного расширения плиты. Вертикальные пластины приварены к зеркалу плиты и соединены с резиновыми опорами, отделяющими зеркало плиты (показанное красным) от оставшейся части плиты. Гидравлический вибратор установлен прямо на зеркало плиты.

Как показано на рис. 20, резиновые амортизаторы установлены на трубе (показанную белым), закрепленную петлями на боковой части расширения, которое может поворачиваться вверх и вниз в вертикальной плоскости в задней части, тогда как передняя кромка остается закрепленной, для совпадения с передней кромкой плиты укладчика. На трубу могут быть установлены грузы для увеличения прижимающего усилия на резиновые опоры. Данное усилие, как показано на рис. 21, передается через резиновые амортизаторы, перемещая вибрационную плиту ниже на смесь. Торцевая заслонка крепится через трубы, как показано на рис. 22, к жесткой плите.

При вертикальном расположении вплотную к вибрационной пластине, она не затрудняет её движение. С этим приспособлением достигаются плотности 94%-95% от лабораторных значений. Данное устройство, вместе с расширяемой торцевой заслонкой, позволяет укладывать вертикальные, ровные, плотные швы (рис. 23) и гарантирует, что толщина смеси по осевой линии такая же, как и на других участках полотна, устраняя любые углубления или участки пониженной плотности.

Из соображений безопасности Департаменты транспорта многих штатов (DOT) требуют создание уклона в шве. Чем меньше (круче и уже) уклон, тем больше вероятность достижения достаточного уплотнения. Если требуется создать уклон, тогда может использоваться торцевая заслонка, как показано на рис. 24, что приводит к



Рисунок 19

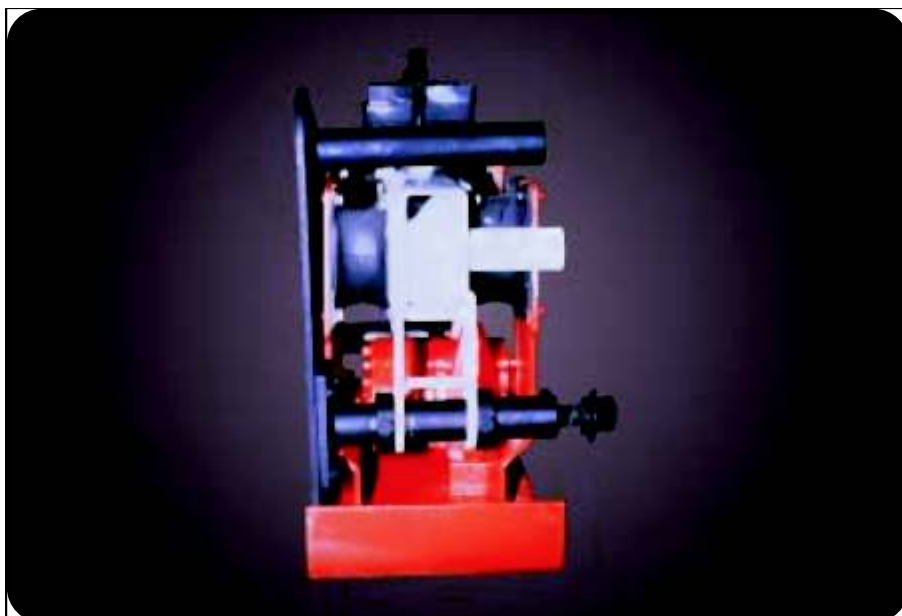


Рисунок 20

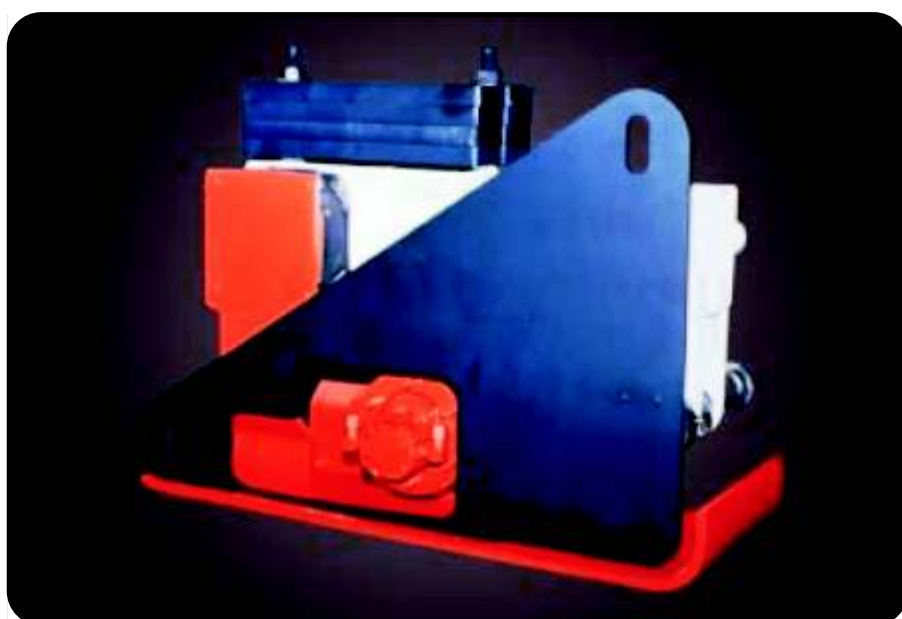
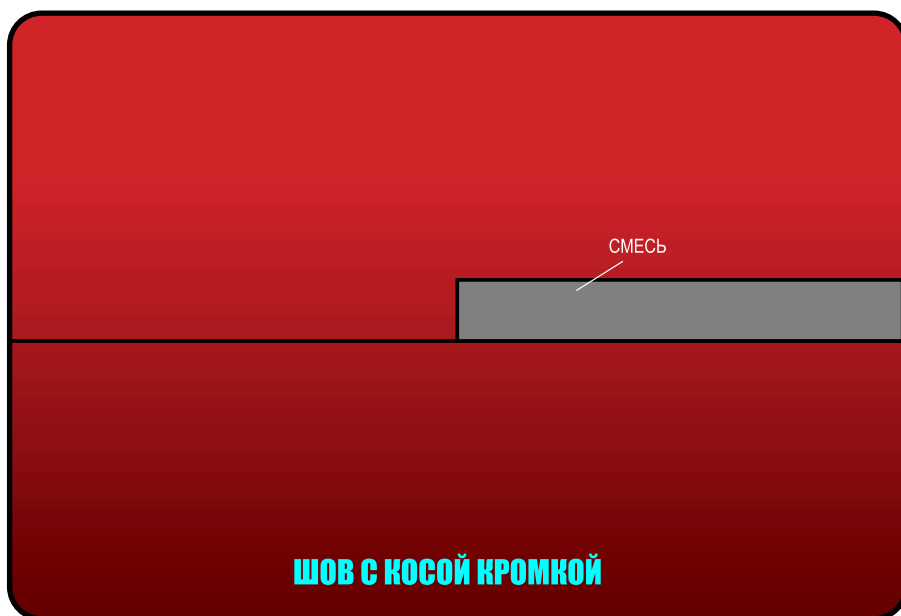


Рисунок 21



**Рисунок 22**



**Рисунок 23**



**Рисунок 24**

появлению кромки такой формы, как показано на рис. 25.

При укладке второго покрытия, смежного с уплотняемым швом, необходимо, чтобы оператор управлял укладчиком или плитой таким образом, чтобы торцевая заслонка набегала прямо на существующий шов. Применяя ультразвуковое устройство или другие средства контроля, вы обеспечиваете автоматическую настройку расширяемых плит для достижения такого точного расположения.

Благодаря высокой степени уплотнения вибрационного уплотнителя швов, смесь за уплотнителем находится лишь на 3 мм выше смежной линии. Это позволяет катку сдавить смесь и сформировать очень плотный шов. Рекомендуется покрывать вертикальный край уложенной полосы битумной проливкой.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существует надежда, что через совершенствование описанного выше приспособления, станет возможной механическая укладка швов, не пропускающих воду и имеющих такую же плотность, как и другие участки покрытия. Ожидается устранение преждевременного разрушения продольных швов совместными усилиями компаний-производителей укладчиков.

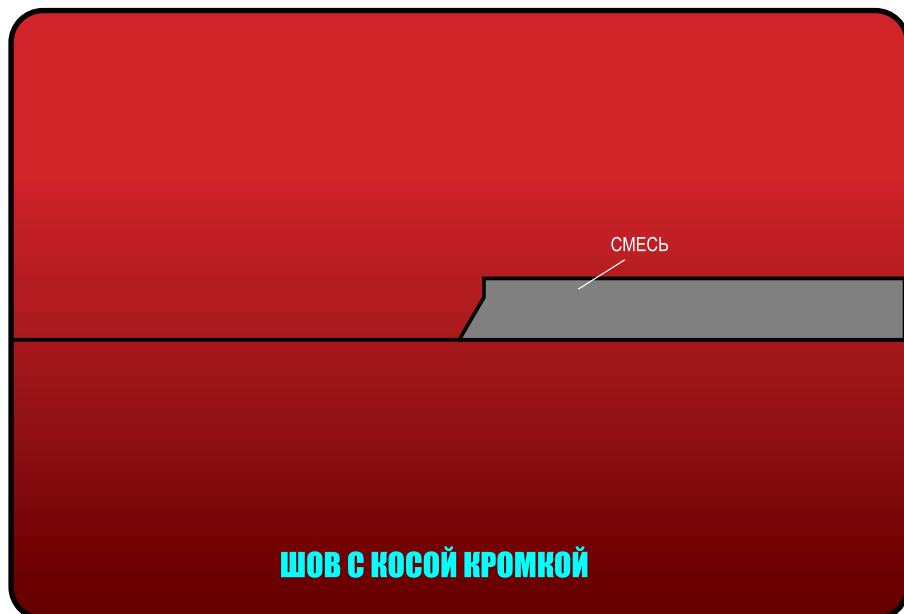


Рисунок 25