Глава 13. УПЛОТНЕНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

13.1. Механизм уплотнения

Уплотнение – завершающий и очень важный этап в технологии устройства асфальтобетонных покрытий.

Известно, что физико-механические свойства асфальтобетона (пористость, прочность, деформативная способность, сдвигоустойчивость, водо- и морозостойкость), а также ровность и шероховатость покрытий при прочих равных условиях в значительной степени обусловливаются их плотностью. Чем выше степень уплотнения асфальтобетонного слоя, тем меньше возможность последующего деформирования под воздействием колес автомобилей, то есть покрытие дольше сохраняет свою ровность и высокий уровень удобства движения [58].

На рис. 13.1 показано, что по мере достижения более высокой плотности асфальтобетона, а, следовательно, снижения пористости, его деформативная устойчивость против разрушающих внешних факторов растет. Опыт показывает, что недоуплотнение асфальтобетонных покрытий в период строительства приводит к сокращению сроков службы и увеличению затрат на их ремонт.

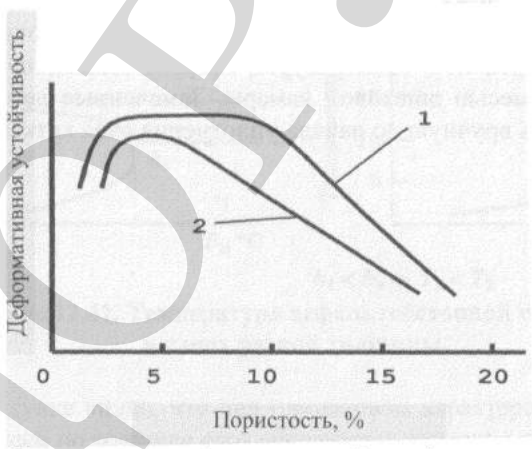


Рис. 13.1. Зависимости деформативной устойчивости покрытия от пористости асфальтобетона:

1 – обычная смесь (большое количество крупнозернистого щебня, дробленного песка, более вязкие битумы);

2 – удобоукладываемая смесь (незначительное количество крупнозернистого щебня, большое количество природного песка, жидкий битум).

В процессе уплотнения смеси происходит перераспределение (упаковка) ее зерен, их сближение, а также выдавливание воздуха, вовлеченного в смесь при ее перемешивании.

Упаковка зерен щебня в покрытии, т.е. наиболее удобное их взаиморасположение, происходит при первых проходах катка. Сближение зерен при уплотнении сопровождается выжиманием битума из точек контакта зерен в межзерновые пустоты. Поскольку асфальтобетонная смесь – сложный упруго-вязко-пластичный материал, свойства которого изменяются во времени (с момента ее приготовления), поэтому одноразовое приложение нагрузки, даже очень большой, не может уплотнить смесь до требуемого предела.

Процесс уплотнения, т.е. изменение объема (формы), происходит в результате постепенного течения вязкого реологического тела, что может быть достигнуто многократными силовыми воздействиями (многократные проходы катка по одному следу) или длительным давлением постоянной нагрузки (изготовление лабораторных образцов в металлической форме под статической нагрузкой в течение 3 минут).

При уплотнении любой асфальтобетонной смеси различными уплотняющими средствами процесс уплотнения происходит следующим образом [14]:

– первый проход катка уменьшает толщину уплотняемого слоя на величину Z_1 (рис. 13.7а), плотность и прочность слоя за вальцом становится больше, чем перед вальцом; удельное давление вальца на слой равно массе вальца, деленной на площадь контакта F, рассчитываемую по формуле:

$$F_1 = b_1 x l \ (см^2),$$

где b_1 – длина полухорды,
l – ширина вальца.

– второй проход катка по тому же следу уменьшает толщину слоя на величину Z_2, меньшую, чем Z_1; площадь контакта вальца с уплотняемым слоем уменьшается, а удельное давление увеличивается.

– третий проход катка уменьшает толщину слоя еще на величину Z_3, которая меньше, чем Z_2, и удельное давление вальца на уплотняемый слой становится еще больше, при этом и прочность асфальтобетона также увеличивается.

Через 5–6 проходов катка его удельное давление становится равным величине сопротивления сжатию асфальтобетона при данной температуре, а дальнейшие проходы этого катка плотность не увеличивают. Для установления этого факта можно использовать современные прибо-

ры, такой как PQI (фирмы «TransTech»), изображенный на рис. 13.2 (цв.) [5], а также современные катки оборудованы сигнализацией – цифровой, цветовой. После этого потребуется включить в работу более тяжелый каток. По мере роста уплотняющей нагрузки и (или) времени ее действия контактирование зерен становится все более плотным, и более прочными становятся зоны битумного слоя, вследствие чего увеличивается прочность асфальтобетона.

Предельно возможная плотность достигается при таком давлении, превышение которого приводит к дроблению зерен щебня.

По мере уплотнения укатываемый слой становится все более прочным как вследствие уплотнения, так и остывания, поэтому сложность данного этапа заключается в том, чтобы успеть сделать необходимое количество проходов катка до остывания слоя.

13.1.1. Факторы, влияющие на уплотняемость асфальтобетонных смесей

Плотность асфальтобетона зависит от величины и вида уплотняющей нагрузки и уплотняемости смеси.

Под термином «уплотняемость» понимается способность уложенного слоя изменять первоначальный объем (или форму) под воздействием уплотняющей нагрузки.

Уплотняемость асфальтобетонных смесей обусловливается: температурой смеси при уплотнении, зерновым и петрографическим составом минеральной части, количеством и формой зерен, вязкостью битума и его содержанием, присутствием поверхностно-активных веществ, характером воздействия средств уплотнения.

Уплотнение следует начинать при максимально (в пределах норм) возможной температуре. Максимальное давление вальца не должно превосходить сопротивления сжатию и сопротивления сдвигу асфальтобетона при данной температуре, поскольку при более высокой температуре каток «тонет» и на поверхности слоя появляются трещины, наплывы, волны.

Чем раньше (т.е. при той максимально возможной температуре, при которой не образуется деформации укатки) начат процесс уплотнения, тем более вероятно успешное достижение требуемой плотности асфальтобетона. Кроме качественной стороны, уплотнение смеси при более высокой температуре требует и меньшей работы по уплотнению.

На рис. 13.3 показана зависимость усилия при уплотнении от температуры смеси. Видно, что высокая температура облегчает уплотнение смеси. Это связано с тем, что при малой вязкости битум действует как смазка и снижает трение минеральных зерен между собой [111].

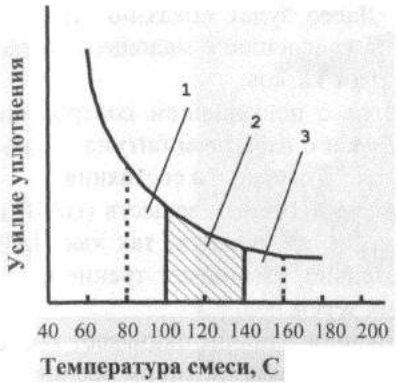


Рис. 13.3. Зависимость усилия уплотнения от температуры смеси (для битумов марок от В 65 до В 200):
1 – окончание уплотнения;
2 – оптимальная температура для уплотнения; 3 – начало уплотнения.

Рис. 13.4. Зависимость уплотняющей нагрузки от содержания щебня в смеси.

При снижении температуры смеси с возрастанием вязкости битума резко увеличивается усилие уплотнения. Приходится преодолевать, кроме трения минеральных зерен, еще и сцепление их с битумом.

Зерновой состав и форма зерен минеральной части асфальтобетонной смеси являются главными факторами, определяющими величину угла внутреннего трения (φ) и внутреннего сцепления (С), которые существенно влияют на уплотняемость смесей.

Асфальтобетонные смеси, в которых применяется минеральный материал окатанной формы (гравий, речной песок), обладают лучшей удобоукладываемостью и более высокой уплотняемостью по сравнению со смесями из дробленых материалов.

При идентичном зерновом составе уплотняемость смеси понижается с увеличением крупности применяемого щебня.

Смеси, содержащие избыток минерального порошка и, следовательно, характеризующиеся высокой вязкостью асфальтовяжущего вещества АВВ (АВВ – минеральный порошок + битум), имеют более низкую уплотняемость.

С увеличением содержания щебня и уменьшением концентрации АВВ уплотняемость смесей повышается (рис. 13.4). В лабораторных условиях было установлено, что стабилизация высоты образцов (в процессе ее уменьшения при уплотнении) из многощебенистых смесей происходит при меньшей величине уплотняющей нагрузки, чем для

образцов из малощебенистых смесей. Далее будет показано, что для уплотнения многощебенистых смесей по сравнению с малощебенистыми требуется меньшее количество проходов катков.

Уплотняемость смесей улучшается с повышением содержания битума до оптимального количества. Смеси с избытком битума («жирные») невозможно уплотнить до предельно возможного состояния.

В результате введения поверхностно-активных веществ (ПАВ) в асфальтобетонную смесь ее уплотняемость улучшается, так как ПАВ уменьшает вязкость битума и, следовательно, уменьшает трение и сопротивление перемещению минеральных зерен.

На уплотняемость смесей существенное влияние оказывает также метод уплотнения, выбор которого предопределяется типом зернового состава смеси.

При устройстве асфальтобетонных слоев из высокоплотных смесей и смесей типа «А» и «Б», а также пористых и высокопористых требуемую [61] плотность рекомендуют достигать совмещением воздействия трамбующего бруса и виброплиты с доуплотнением катками, а смесей типа «В», «Г», «Д» – при меньшем влиянии вибровоздействия – с использованием легких, средних и тяжелых катков.

13.1.2. Классификация дорожных катков

Дорожные катки занимают значительное место в технологическом процессе ремонта и строительства дорог [32].

История возникновения и совершенствования катков начата еще 2–3 тысячи лет до нашей эры с каменных катков на ручной тяге, продолжена во второй половине XIX века металлическими катками с балластными ящиками на конной тяге и паровыми самоходными катками, а в XX веке – катками с двигателем внутреннего сгорания и производительными самоходными катками гладковальцовыми пневмо-, вибро- и комбинированными [73].

В 2006 г. исполнилось 75 лет с момента выпуска Рыбинским заводом [72] первого отечественного моторного катка (рис. 13.5). На рис 13.6 дана классификация дорожных катков.

При новом строительстве, ремонте и реконструкции дорог и улиц используются катки как отечественного, так и импортного производства.

К основным техническим характеристикам катков относятся: масса, рабочая скорость, ширина вальца (уплотняемой полосы), диаметр вальца, линейное давление, частота вибрации (для катков вибрационного действия), мощность двигателя. Значения технических характеристик приводятся в паспорте, инструкции по эксплуатации дорожного катка или в справочной литературе.

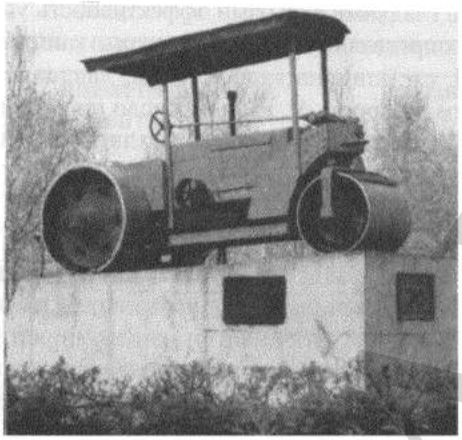


Рис. 13.5. Первый отечественный моторный каток.

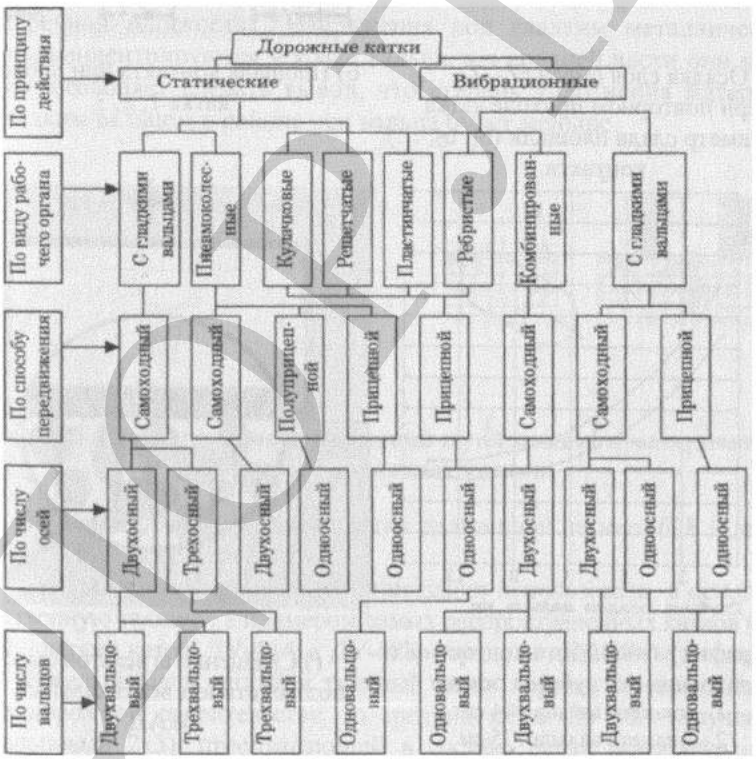
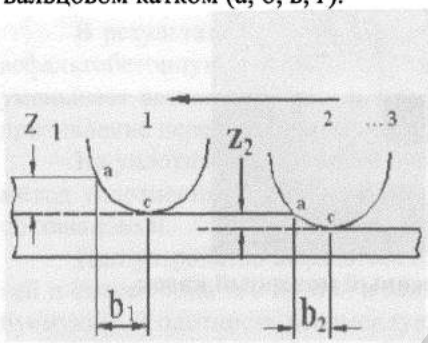


Рис. 13.6. Классификация дорожных катков.

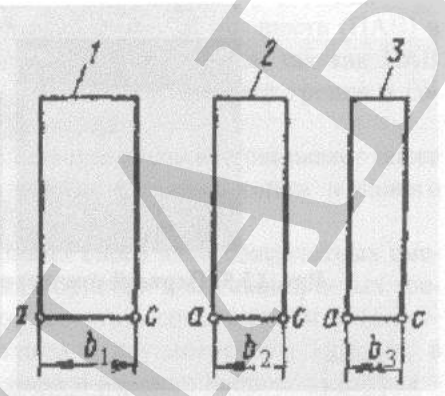
КОПИЯ

Для катков с гладкими вальцами эффективность уплотнения асфальтобетонного слоя определяют такие параметры, как: общая масса Р, кг; диаметр вальца Д, см; ширина вальца В, см; давление на единицу ширины вальца, Па/см; скорость V, км/час; число проходов, N_o.

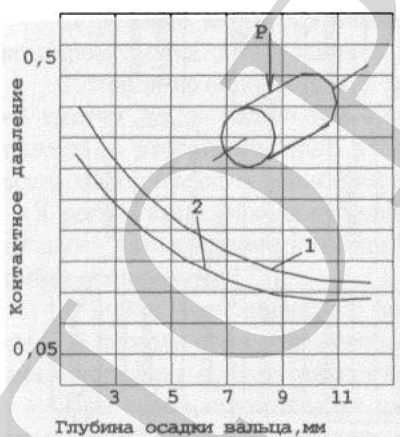
На рис. 13.7 представлена схема механизма уплотнения гладковальцовом катком (а, б, в, г).



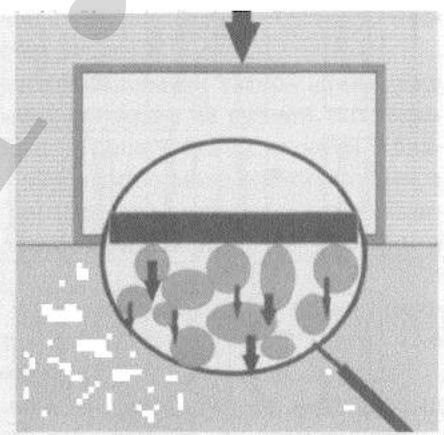
а) Осадка слоя смеси (Z_1, Z_2, …) при повторном проходе катка и диаметр следа площади (b_1, b_2, …) контакта.



б) Площадь контакта при проходах катка 1, 2, 3.



в) График зависимости контактного давления от глубины осадки
1 – диаметр вальца 104 см;
2 – диаметр вальца 175 см.



г) Смещение агрегатов смеси под действием вертикальных сил ЖАД.

Рис. 13.7. Особенности работы гладковальцовых катков статического действия.

Таблица 13.1

Параметры уплотнения гладковальцового катка

Тип катка	Диаметр площади контакта, см	Толщина уплотнения слоя, см
легкий	6–4	6–7
средний	7–5	8–9
тяжелый	10–6	10–12

Уплотнение катками статического действия осуществляется в основном в результате воздействия вертикальных сил (массы катка). При этом происходит преодоление внутреннего трения между зернами смеси, зерна смещаются, сближаясь и образуя все более плотный слой. Его пористость уменьшается, а несущая способность увеличивается. Эффект уплотнения осуществляется от слоя к слою сверху вниз.

Установлено, что уплотнение ровной поверхности материала гладким металлическим вальцом характеризуется относительно неравномерным распределением напряжений [53] как в продольной (рис. 13.8), так и в поперечной плоскостях. Напряжения под гладким металлическим вальцом концентрируются у краев вальца, а в средней части они меньше. Это позволяет сделать вывод, что степень уплотнения материала под гладким вальцом в районе оси вальца будет меньше.

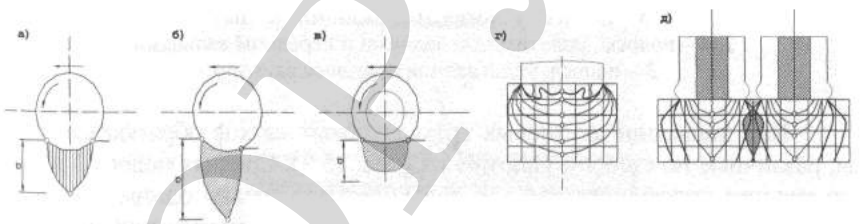


Рис.13.8. Распределение напряжений в уплотняемом материале при работе дорожных катков.

По массе гладковальцовые катки делятся на: легкие (6–8 т), средние (10–13 т) и тяжелые (11–18 т).

До 1990-х годов, дорожные организации использовали, в основном, отечественную технику, а примером самых распространенных катков были ДУ-50 – легкий каток, ДУ-48А и ДУ-48Б – средние и ДУ-49А (триплекс – 3х3) – тяжелый. Если легкий и тяжелый катки хорошо зарекомендовали себя в дорожном строительстве, то средний каток ДУ-48А (двухосный трехвальцовый 2х3), преобладающий в составе парка гладковальцовых катков, имеет ряд недостатков по сравнению с зарубежными катками среднего класса – двухосными двухвальцовыми (2х2 – «тандем»).

У катков 2х3 ширина уплотнения больше в 1,5 раза, чем у катков 2х2, однако вследствие того, что их передний и задние вальцы идут при уплотнении не по одному следу, число проходов этих катков необходимо увеличивать в два раза по сравнению с катками 2х2, но при этом добиться равномерной плотности практически невозможно.

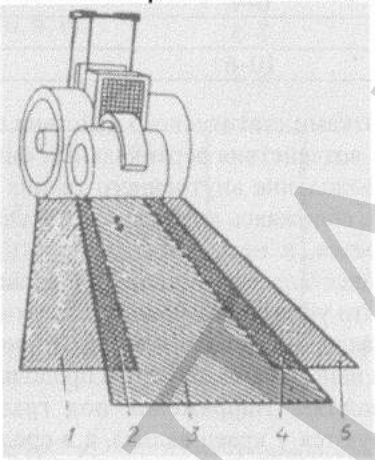


Рис. 13.9. Уплотнение асфальтобетона двухосным трехвальцовым катком:
1, 5 – полосы, уплотняемые задними вальцами;
2, 4 – полосы, уплотняемые задними и передним вальцами;
3 – полоса, уплотняемая передним вальцом.

При движении двухосных трехвальцовых катков образуются полосы, различные по степени уплотнения (рис. 13.9). Средняя полоса 3 имеет наименьшее уплотнение, так как она уплотнена только одним передним вальцом. Две крайние полосы (1, 5) уплотнены расположенными сзади вальцами. Две внутренние полосы (2, 4) имеют наибольшее уплотнение, так как они подверглись воздействию переднего и заднего вальцов. Равномерное уплотнение всей полосы при укатке катками такого типа может быть достигнуто только в том случае, если каток будет смещаться в поперечном направлении каждый раз не более чем на половину ширины вальца. Однако температура асфальтобетонной смеси при этом снижается, что сказывается на неравномерности уплотнения (40).

Распространенность же катков с формулой 2х3 в городских условиях объясняется возможностью подхода вплотную к стенкам, высоким бордюрам и другим препятствиям благодаря выступающим за габарит самого катка ведущим вальцам.

Ширина вальцов катков статического действия, эксплуатировавшихся до 1990-х годов, составляла от 500 до 1400 мм, поэтому даже при

максимальном размере они плохо вписывались в технологические режимы уплотнения полос шириной 3,5–3,75 м. При ремонте магистральных улиц и дорог с большой шириной проезжей части предпочтение стали иметь зарубежные катки производства Германии, Японии с шириной уплотнения 1800–2000 мм и больше.

Не менее важным параметром катков является диаметр вальца D- 600–1600 мм. С его уменьшением не только снижается площадь контакта вальца с поверхностью качения, что само по себе ухудшает механику уплотнения, но и растет опасность сдвига смеси, а вследствие этого ухудшается качество уплотнения и ровность поверхности.

Так как у вальца большого диаметра меньше сопротивление качению и колееобразованию, следует отдавать предпочтение таким каткам, поскольку при их использовании повышается ровность уплотняемого покрытия.

Недостатком катков 2х3 является также различия в способе передачи нагрузки ведущими и ведомым вальцами. У ведомого вальца, не связанного с приводом катка, горизонтальная составляющая массы действует в направлении движения, продвигая смесь впереди катка, тогда как у ведущего вальца горизонтальная сила действует против направления движения катка, пытаясь подмять смесь под валец, затем вытолкнуть ее позади него (рис. 13.10).

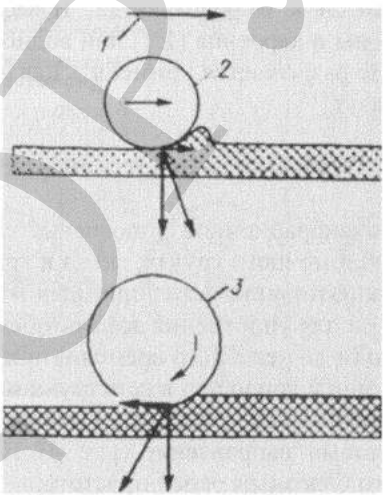


Рис. 13.10. Воздействие ведущего и ведомого вальцов на уплотняемый слой:

1 – направление движения катка; 2 – воздействие ведомого вальца. 3 – воздействие ведущего вальца.

ДОРЛАБ

При использовании такого катка обязательное правило – свежеуложенный слой асфальтобетонного покрытия сначала уплотняют ведущим вальцом, т.е. при первых проходах каток должен двигаться ведущими вальцами вперед. Это правило следует выполнять при уплотнении смеси легкими катками как двухосными трехвальцовыми, так и двухосными двухвальцовыми, в том числе и при небольшом диаметре D барабана (особенно при Д < 2 м).

Катки статического действия вследствие жесткости вальцов развивают на контакте с покрытием очень высокие давления (до 2,5–3,0 МПа, а каток ДУ-48А – 5–7 МПа), что способствует не только получению требуемой плотности, но и может привести к образованию на его поверхности макро- и микротрещин; они служат причиной дробления каменных материалов в асфальтобетонных смесях с большим содержанием щебня и дробленого песка (тип А, Б, Г) и ухудшения текстуры шероховатой поверхности.

Скорость гладковальцовых катков при старых моделях асфальтоукладчиков в начале укатки должна быть не более 1,5–2 км/ч, после 5–6 проходов может быть увеличена до 3–5 км/ч, при современных асфальтоукладчиках скорость в начале укатки не должна превышать 5 км/ч.

На рис. 13.11 (цв.) показана система разбрызгивания воды, смонтированная на гладковальцовом катке для предотвращения прилипания асфальтобетонной смеси к вальцам катка. Известны также способы применения смеси воды и керосина (1:1) или водного 1%-ного раствора отходов соапстока. Не разрешается применять для этих целей соляровое масло и топочный мазут.

13.1.3. Особенности работы виброкатков

Первоначально вибрационное уплотнение считали подходящим для скально-крупнообломочного грунта, песка и гравия, но с развитием вибрационной техники этот метод стал пригоден и для глинистых грунтов, а впоследствии – и для уплотнения асфальтобетонных смесей.

Первоначально (и до недавнего времени) принцип динамического уплотнения был задуман и воплощен в конструкции катков за счет:

– круговой вибрации (один дебаланс) создаваемой вращающимися силами, изменяющими направление (рис. 13.12а); этот способ используется чаще всего благодаря своей простоте;

– направленной вибрации (вибратор с двумя дебалансными валами), создающей вертикальную уплотняющую силу (рис. 13.12б).

Известно, что вибрация снижает внутреннее трение минеральных материалов (рис. 13.13а), и высокая степень уплотнения достигается совместным воздействием массы катка и динамической нагрузки (рис. 13.13б).

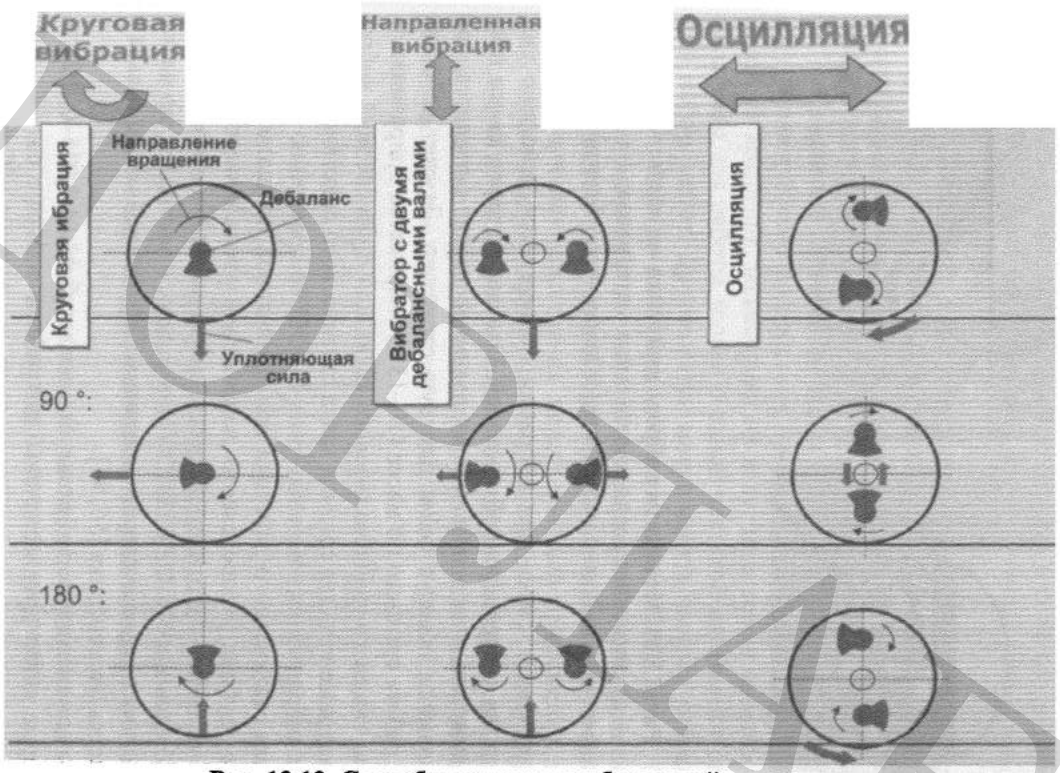
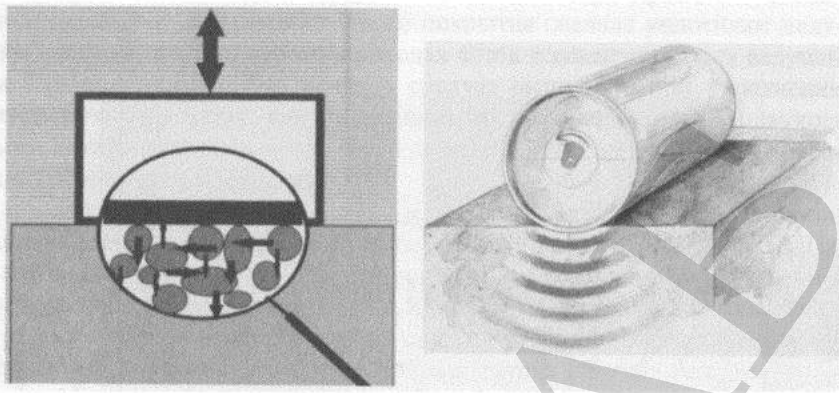


Рис. 13.12. Способы создания вибровоздействия в уплотняемом материале за счет:
а) круговой вибрации; б) направленной вибрации; в) осцилляции.



а) б)

Рис. 13.13. Механизм вибровоздействия на смесь:
а) снижение трения минеральных материалов;
б) совместное действие массы катка и динамической нагрузки.

Уплотняемая смесь при вибрации подвергается действию сил, изменяющихся с определенной частотой. Отдельные зерна смеси приходят в движение, вследствие чего их взаимное трение снижается, они перестраиваются, образуя более плотную структуру. За счет действия вибрации работа среднего по массе (10–13 т) виброкатка приравнивается к работе тяжелого гладковальцового катка или один средний виброкаток может заменить два средних катка статического действия.

Для вибрационных вальцов (рис. 13.13б) по сравнению с гладковальцовыми статического действия при одинаковой площади контакта со смесью глубина распределения напряжений увеличивается за счет передачи частицам уплотняемой смеси вибрационной нагрузки. Сравнивать вибрационное воздействие катков можно, в частности, по частоте и по минимальной амплитуде, являющихся функцией массы вальца и характеристик эксцентрика [56, 91].

Обычно амплитуда вибрации бывает в пределах 0,025–0,102 см, но некоторые катки предназначены для работы только с одной номинальной амплитудой, а другие могут иметь два режима работы – с минимальной и максимальной амплитудами. Реальная амплитуда при работе катка отличается от номинальной вследствие различия свойств уплотняемого материала. Увеличение амплитуды вибрации повышает уплотняющее усилие, пропорционально изменяя динамическую силу.

Для относительно тонких слоев смеси (около 3 см в уплотненном состоянии) каток вибрационного действия обычно используется в статическом режиме (без вибрации). Это объясняется тем, что после нескольких проходов вибрирующий валец начнет «отскакивать» от таких тонких слоев вследствие высокой жесткости нижнего слоя, на который уложен этот тонкий слой, поэтому и скорее будет разрушать, а не уплотнять слой покрытия.

В общем случае для слоев толщиной от 3 до 10 см катки вибрационного действия должны работать с малой амплитудой. По мере повышения толщины слоя часто бывает выгодным повысить номинальную амплитуду вибрации.

Изменение частоты вибрации при заданной амплитуде вызывает рост динамического воздействия пропорционально квадрату окружной скорости вращения эксцентрика на валу. Некоторые виброкатки предназначены для работы только с одной частотой или имеют ограниченный выбор частот. Другие катки могут менять частоту вибрации в интервале от 1600 до 3000 мин$^{-1}$. Частоты менее 2000 мин$^{-1}$. (33 Герц) обычно неприемлемы для уплотнения асфальтобетонных слоев.

Снижение частоты вибрации и увеличение скорости катка приводят к увеличению расстояния между точками приложения динамической силы (между ударами) на поверхности слоя. И наоборот, повышение частоты вибрации и снижение скорости катка обусловливают увеличение числа ударов на единицу расстояния укатки и, соответственно, увеличение уплотняющего усилия катка (рис. 13.14).

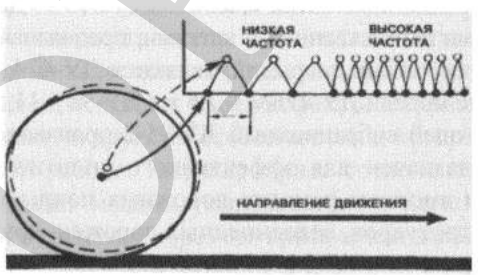


Рис. 13.14. Зависимость числа ударов на единицу расстояния укатки от частоты вибрации.

Таким образом, предпочтительно иметь минимальные промежутки между ударами (большее число ударов на единицу расстояния уплотнения). Однако при этом следует учитывать, что снижение скорости катка ведет к снижению производительности.

Выбор скорости катка зависит от пластичности асфальтобетонной смеси: пластичные смеси склонны «расползаться» в горизонтальном направлении. Если смесь начинает «ползти» под катком, то скорость последнего необходимо снизить. Кроме того, от скорости виброкатков зависит длина промежутков между ударами, что проиллюстрировано на рис. 13.15. Как уже ранее упоминалось, длина этого промежутка является важным параметром для контроля величины динамического воздействия, оказываемого на смесь, и получения ровной поверхности асфальтобетонного покрытия

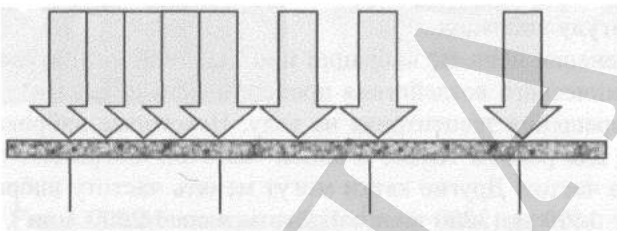


Рис. 13.15. Влияние скорости виброкатка на длину промежутков между ударами.

Создание вибрационных отечественных катков предусматривало наряду с улучшением условий уплотнения повысить производительность процесса, снизить металлоемкость и число типоразмеров катков в комплексе.

Первые вибрационные катки имели массу 3–4 т. До недавнего времени эффективными отечественными катками, предназначенными для уплотнения асфальтобетонных покрытий, являются ДУ-47А, ДУ-47Б массой 6–8 т и более новые модели ДУ-47БМ – 7,5 т и ДУ-98 – 11,5 т.

Каток дорожный вибрационный ДУ-95-2 производства «ИРМАШ» (г. Брянск), предназначен для эффективного уплотнения асфальтобетонной смеси при ямочном ремонте дорожных покрытий, а также для асфальтирования тротуаров, велосипедных дорожек, других малых площадок (рис. 13.16).

Использование такого катка тем более важно, что широко рекламируемые виброплощадки и вибротрамбовки не обеспечивают требуемой плотности при устройстве тротуаров, ямочном ремонте, а могут быть рекомендованы только для устройства отмосток и при временных работах.

Целую серию катков для уплотнения асфальтобетонных смесей выпускает фирма «Динапак» (Швеция). Гладковальцовые катки (вибрационные марки СС 21, СС 41, СС 50А) имеют соответственно массу 6,6; 10,3; 14,1 т; частоту колебаний вибратора – 50, 41–50, 33–40 Гц. Линейное давление вальцов составляет соответственно 23, 31, 33 кгс/см.

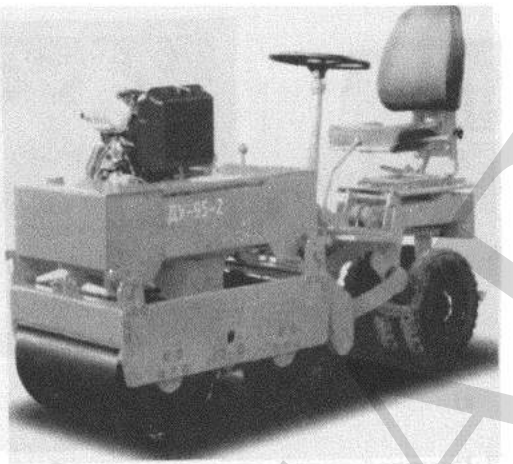


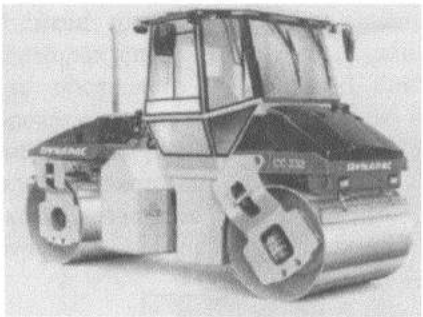
Рис. 13.16. Каток дорожный вибрационный ДУ-95-2 (эксплуатационная масса 1350 ± 12%, кг; ширина уплотняемой полосы 750 мм).

У последних моделей тандемных виброкатков «Динапак» новой серии «СС» – модели СС222, СС232, СС422, СС522 – валец большего диаметра, чем у большинства аналогичных моделей катков такого же класса. Кроме того, эти катки обладают уникальной комбинацией характеристик уплотнения – более высокая частота вибрации при более низкой амплитуде. Сочетание этих особенностей дает возможность достигать требуемой плотности всего за несколько проходов катка, что важно для получения качественного результата, особенно при уплотнении быстроостывающих тонких слоев асфальтобетонных смесей. Катки серии «СС» обладают и другими особенностями, которые способствуют более эффективной работе. Так, шарнирное сочленение рамы катков и заднего вальца делает машины маневренными, легко управляемыми. На рис. 13.17 (а и б) показан обрезчик кромок, как дополнительное оборудование смонтированный на катке СС232.

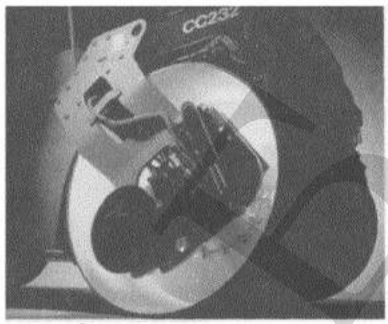
Средние вибрационные катки тандемного типа используются, главным образом, для производства работ по асфальтированию. Модель СС232 имеет разделенные вальцы, оснащается двигателем DEUTZ.

Последние модели виброкатков «СС» обеспечивают частоту вибрации 54–70 (см. табл. 13.2)

АРХИВ



а)



б)

Рис. 13.17. Внешний вид и дополнительное оборудование виброкатка Динапак модели СС232:
а) внешний вид и характеристика виброкатка Динапак модели СС232;
б) обрезчик кромок (дополнительное оборудование) виброкатка СС232.

Таблица 13.2

Характеристики катков серии «СС»

Марка машины	Масса, кг	Ширина вальца, мм	Статическая линейная нагрузка перед./задн., кг/см	Амплитуда, мм	Частота, Гц
СС222	7200	1450	24,5/25,2	0,3/0,7	54/70
СС232	7900	1450	26,8/27,6	0,22/0,5	54/70

На рисунке 13.18 представлен вибрационный тротуарный каток фирмы «Динапак» СС92.

Фирма «АБГ» (Германия) выпускает гладковальцовый вибрационный каток Александр-128Г, он имеет массу 10,2–11,3 т. Вибратор вальца имеет две ступени частоты вибрации – 33 и 50 Гц. Линейное давление заднего вальца составляет 34,7; переднего – 26,8 кгс/см. Ширина уплотняемой полосы – 1600 мм. Гладко вальцовый вибрационный каток Александр-126Г массой 6,5–7,5 т имеет вибратор с двумя ступенями частоты 33 и 50 Гц.

Широкую номенклатуру катков выпускает фира «Бомаг» (Германия). Среди них катки вибрационные массой до 8 т, которые наиболее эффективны на уплотнении асфальтобетона (BW 170, BW 170Д, BW 170РД, BW 212).

Рис.13.18. Вибрационный тротуарный каток фирмы «Dynapac» Динапак CC92.

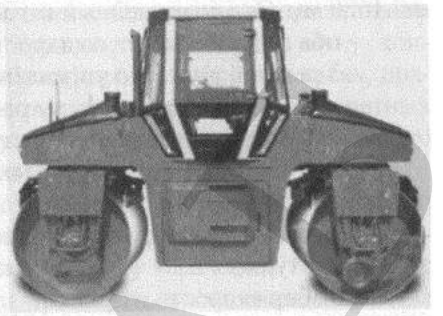


Рис. 13.20. Тандемный виброкаток DV 08V SUPER.

Фирма «Bomag» (Amman и др.) осуществила возможность дискретно или плавно изменять центробежную силу вибровальца в большую или в меньшую сторону, а также контроль в процессе уплотнения. Следует отметить, что автоматизированная система BAM (Bomag asphalt Manager) позволяет непрерывно контролировать качество уплотнения смеси, правда, в косвенных показателях (вибрационный или динамический модуль деформации). Фактически впервые оказалось возможным следить за относительным результатом уплотнения асфальтобетона и заблаговременно выявлять недоуплотненные места на покрытии. При этом непременным условием эффективного функционирования системы является непрерывное измерение температуры слоя. При этом машинист катка имеет возможность вмешиваться в автоматический процесс уплотнения, если температура смеси окажется очень высокой или низкой. Как автоматика, так и машинист в подобных случаях могут изменять силовое вибровоздействие катка, регулируя величину вертикальной составляющей центробежной силы путем поворота ее вектора или даже отключать вибрацию.

На рисунке 13.19 (цв.) изображен виброкаток фирмы «Бомаг». Практика показала, что при уплотнении асфальтобетонных смесей типа А целесообразно использовать вибрационные катки 9–12 т типа BW 161 АД, BW 164АД, BW 202АД или типа BW 144АД-2, BW 151АД-2, а также CC 221 и CC 421 массой 7–10 т.

Фирма «WIRTGEN GROUP» широко реализует весь диапазон катков HAMM: гладковальцовые статического действия модели HD, пневматические GRW, динамического действия тандемного типа DV.

На рис.13.20 представлен тандемный виброкаток DV 08V SUPER (Германия, HAMM) массой 8400 кг (с кабиной 9340 кг), рабочей шириной 1680 мм. Это современный каток, имеющий:

– оба ведущих моста с гидростатическим приводом;

– 3 режима рулевого управления;

– дополнительную систему орошения самотеком;

– автоматическую систему управления вибрацией;

– значительное снижение расхода воды благодаря процессорному управлению системой орошения;

– систему регулирования частоты Ecomatic с цифровым дисплеем, 2 амплитуды;

– выбор скорости и др.

На рисунке 13.21 (цв.) показан виброкаток DTV 3105 итальянской фирмы «Bittelli» (112). Данная фирма выпускает 8 моделей асфальтовых вибрационных катков с рабочей массой от 0,95 до 11 тонн. На рисунке 13.22 (цв.) представлен виброкаток фирмы «Lee Boy» (США).

Скорость виброкатков в соответствии должна быть в начале укладки не должна превышать 3 км/ч; после 2–3 проходов в процессе уплотнения тонких слоев скорость может быть от 3 до 6 км/ч, более толстых слоев – до 4 км/ч.

Обобщая вышесказанное, следует обращать внимание на то, что тонкие слои или удобоукладываемую (пластичную) смесь рекомендуют уплотнять с меньшей амплитудой и высокой частотой вибрации, толстые слои – комбинацией большей амплитуды с низкой частотой.

Уплотнение асфальтобетонных смесей виброкатками средней массы эффективно на среднем (промежуточном) этапе уплотнения при повышенных температурах – 140–160 °С. Более мощные, виброкатки используют для окончательного уплотнения при более низких температурах – 80–100 °С.

Необходимо избегать лишних проходов, в результате чего могут возникать продольные и поперечные трещины на уплотняемой поверхности. Виброуплотнение охлажденного или уже остывшего слоя также влечет за собой повреждение покрытия: разрыхление, разуплотнение структуры, разрушение зерен щебня.

Виброкаток является более универсальной машиной в сравнении с катками статического действия. Машинист виброкатка должен контролировать несколько переменных параметров при укатке, поэтому ему следует пройти специальное обучение, чтобы правильно выбирать наиболее оптимальные режимы работы. Кроме таких факторов, как скорость катка, расположение катка на уплотняемом асфальтобетонном покрытии и требуемое количество проходов катка, на качество укатки влияют амплитуда и частота вибрации. Кроме того, машинист вибро-

катка с двумя вальцами может работать в режиме одного или двух вибрирующих вальцов. Это дает возможность варьировать в большей мере уплотняющее усилие, прилагаемое к смеси. Однако до применения на практике виброкатков необходимо произвести пробную укатку контрольной полосы для того, чтобы выбрать оптимальный тип катка, правильно подобрать скорость укатки и режим вибрации для конкретных условий. Если не удается получить требуемое уплотняющее усилие, то необходимо снижать скорость катка и менять амплитуду.

При использовании виброкатков следует учитывать наличие зданий вблизи строительной площадки. Безопасным расстоянием от зданий считается 90 см в расчете на каждую тонну веса катка. Кроме того, при выборе виброкатка необходимо принимать во внимание наличие подземных коммуникаций и дренажных сооружений под дорогой, на которой предполагается производить укатку.

Виброкатки HAMM последнего поколения создают динамические воздействия за счет осцилляции (рис. 13.13в и рис. 13.22), вызывающей тангенциальные силы в уплотняемом материале, равнодействующая центральных сил обеих масс вызывает вращение бандажа в ту или другую сторону.

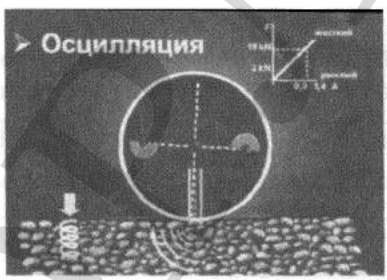


Рис. 13.22. Механизм воздействия виброкатков за счет осцилляции.

Использование виброкатков, работающих по принципу осцилляции, выявляет следующие их преимущества:

– меньшее число проходов при достижении большей степени уплотнения (рис. 13.23);

– больший диапазон температур табл. 13.3, при этом нет опасности нарушения структуры слоя (разрыхления) при охлаждении, в том числе тонких слоев;

– отсутствие разрушения зерен (из-за отсутствия вертикальных сил), достижение высоких сцепных качеств при высокой плотности;

– меньше вибрация (меньше шума) – нет опасности для соседних сооружений, при работах на мостах.

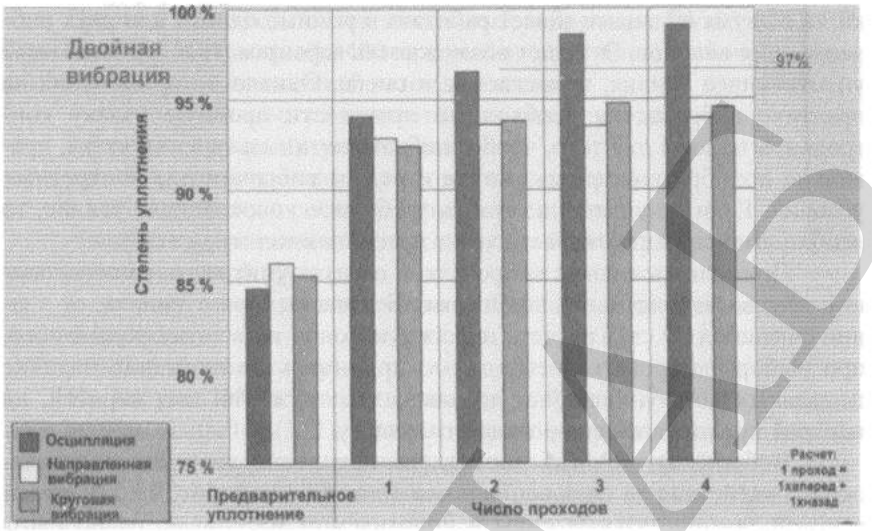


Рис. 13.23. Достижение различной степени уплотнения при различных способах.

Таблица 13.3

Температурный интервал динамического уплотнения смесей катками, работающими по принципу вибрации и осцилляции

Наименования материала	Осцилляция, С°	Вибрация, сек$^{-1}$ (Гц)
Асфальтобетон	140–80	140–100
Мастичные слои	160–115	160–130
Полимермодифицированный асфальтобетон	150–120	150–130

Рис. 13.24. 12-тонный тандемный шарнирно-сочлененный каток с осцилляцией HAMM HD 0120V.

В номенклатуре катков HAMM есть тандемные виброкатки, у которых один валец осуществляет вибрацию, а второй – осцилляцию (DV 90). На рис. 13.24 изображен 12-тонный тандемный шарнирно-сочлененный каток с осцилляцией HAMM HD 0120V.

13.1.4. Особенности работы пневмокатков

Взаимодействие колес катка на пневматических шинах с уплотняемой поверхностью изучалось многими исследователями. Разработан метод определения возможной толщины уплотняемых слоев, выбор нагрузок на колесо и давление воздуха в шинах. Создано также представление об изменении характера распределения давлений по контактной поверхности [14].

В 1980-е годы в связи с дефицитом пневмоколесных катков была проведена работа по «обрезиниванию» (напрессовкой резины) гладковальцовых катков и намечалось серийное их производство.

Различие результата уплотнения асфальтобетонной смеси гладковальцовым катком и обрезиненным катком той же массы приведено в таблице 13.4. Видно, что применение резиновых бандажей обеспечивает не только более эффективное уплотнение, что проявляется в достижении большей величины коэффициента уплотнения, меньшей величины водонасыщения покрытия, нулевой водопроницаемости, но и обеспечивает лучшую текстуру поверхности, что проявляется в достижении большей величины глубины шероховатости.

Таблица 13.4

Сравнение результатов уплотнения гладковальцовыми и обрезиненными катками

Режимы уплотнения	Коэффициент уплотнения	Водонасыщение, %		Средняя глубина впадин шероховатости, мм	Водопроницаемость $см^3/сек./м^2$
		вырубки	переформованный образец		
Гладковальцовые катки 8 т и 10 т, 145–100 °С	0,98	3,42	1,68	0,45	7
то же при 145–75 °С	0,962	5,28	2,53	0,67	103
Гладковальцовый каток 10 т + 8 т с обрезиненными вальцами 145–110 °С	0,991	1,58	1,40	0,92	0
Каток обрезиненный 8 т 145–100°С	0,998	1,72	1,62	1,10	0

Если перенести эти данные по обрезиненным вальцам на пневмокатки, то понятно, что катки на пневматиках предпочтительнее гладковальцовых, особенно при уплотнении многощебенистых смесей, поскольку создают более плотную структуру, сохраняя при этом выступы щебня.

Эффективность уплотнения пневмокатками зависит от: давления воздуха в шинах, диаметра следа, массы, приходящейся на одно колесо, скорости, числа проходов.

Чем выше давление в шине (при постоянной массе), тем меньше площадь контакта шины (ПКШ) и выше контактное давление на поверхность (КДП) (табл. 13.5).

Таблица 13.5

Параметры уплотнения пневмокатками

Нагрузка на колесо, т	**Давление воздуха в шинах, МПа**				
	0,25	**0,49**	**0,74**	**0,85**	
1,22	361	246	212	199	ПКШ, $см^2$
	0,30	0,40	0,50	0,52	КДП, МПа
2,27	670	483	374	348	ПКШ, $см^2$
	0,33	0,47	0,60	0,65	КДП, МПа
2,73	761	554	438	406	ПКШ, $см^2$
	0,35	0,49	0,61	0,66	КДП, МПа

ПКШ – площадь контакта шины; КДП – контактное давление на поверхность.

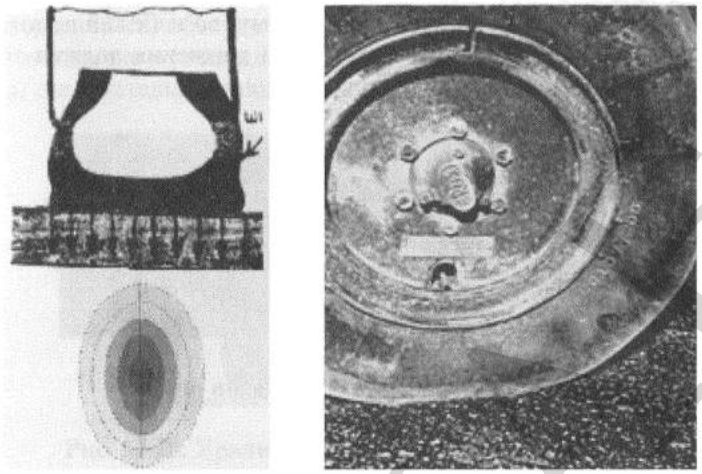
Стандартные шины могут быть использованы при различном давлении от 0,3 до 0,9 МПа в зависимости от зазора между шинами.

Поскольку пневмовалец (рис. 13.25) в отличие от гладкого металлического вальца деформируется под влиянием нагрузки и с увеличением нагрузки растет контактное давление на укатываемый слой, а диаметр площади контакта пневмовальца с уплотняемым материалом (после нескольких первых проходов) постоянен и составляет ~30 см, то в продольной плоскости напряжение в материале – более равномерное и глубина проработки смеси – больше (табл. 13.6). Поэтому слои повышенной толщины рекомендуют уплотнять с пневмокатками.

Таблица 13.6

Зависимость глубины уплотнения от нагрузки на ось

Толщина слоя, см	**Нагрузка на ось, т**
до 8	1,5
до 13	2,5
до 20	4,0



а) б)

Рис. 13.25. Деформирование пневмоколеса:
а) схема; б) в реальных условиях.

В поперечной же плоскости напряжение характеризуется значительной концентрацией, что обусловлено сравнительно небольшой шириной пневмовальцов. Даже принимая во внимание, что частицы смеси сдвигаются в основном в стороны, при одиночном проходе нескольких стандартных пневмоколес, все же образуются неуплотненные зоны и зоны глубинного уплотнения.

Для достижения равноценного уплотнения в поперечном направлении и для избежания неровностей необходимо пробной укаткой установить схему уплотнения и требуемое количество проходов по ширине. С этой целью передние и задние колеса должны перекрывать следы друг друга (рис. 13.26) не менее чем на 30–50 мм (при нормальном давлении), однако для получения равномерного уплотняющего эффекта и во избежание появления следов на поверхности асфальтобетонного покрытия, более существенно – перекрытие давлений по контактным площадкам (рис. 13.27).

Благодаря такому распределению напряжений механизм действия пневмошины следующий: смесь вминается и перемещается в зоны между колесами, с чем связаны повышенная уплотняемость смеси и меньшая вероятность дробления щебня.

Как показали исследования, движение пневмокатка может сопровождаться колебаниями массы, причиной чего является неравномерная жесткость шин в радиальных направлениях. При таких колебаниях ши-

ны играют роль упругого элемента и поэтому, во избежание появления резонансных колебаний катка, скорость его движения должна соответствовать жесткости шин.

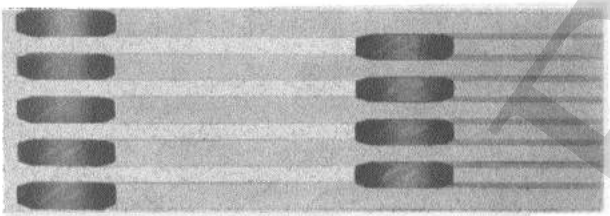


Рис. 13.26. Перекрытие следов шин.

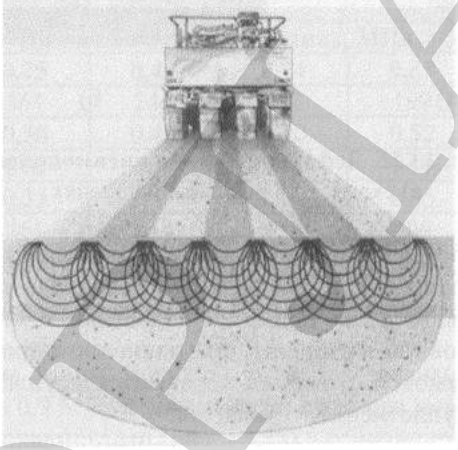


Рис. 13.27. Перекрытие эпюр контактного давления (в отличие от единой «луковицы» давления имеется и общая результирующая «луковица», что обеспечивает улучшение глубинного эффекта).

Для обеспечения одинаковой жесткости все шины на катке должны быть одного размера, иметь одинаковое число слоев корда и давление. В общем случае зависимость следующая: шина с 6 слоями корда может иметь давление до 4,2 кг/см^2, с 10 слоями корда – до 6,3 кг/см^2. Шина, имеющая 12 слоев корда, предназначена для больших катков, и давление в ней может быть поднято до 8,4 кг/см^2.

Для обеспечения большей эффективности при уплотнении асфальтобетонных смесей пневмокатки должны иметь подворачивающиеся полюса, по крайней мере, на одной из осей (обычно только передняя ось поворотная). Наличие уравнительных систем с шарниром на

ычагах (рис. 13.28) обеспечивает контакт колес с уплотняемой поверх-остью (в отличие от гладковальцовых катков), их равномерное нагру-кение, а, следовательно, равномерное уплотнение и лучшую ровность.

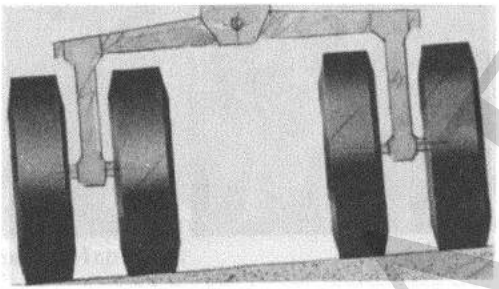


Рис. 13.28. Уравнительная система с шарниром.

Качественное уплотнение слоев асфальтобетонных смесей обес-ечивают катки, оборудованные специальными шинами, отличающи-ися плоским и гладким протектором и рабочим диапазоном изменения авления воздуха в шине (0,3–1,0 МПа), что дает возможность уплот-ять смеси при температуре до 160 °С. Применение спецшин повышает роизводительность катка на 25–30% [10] и обеспечивает более высо-ую ровность поверхности уплотняемого слоя.

Минимальная масса катка на пневмошинах составляет 15 т. Оте-ественные катки на пневмошинах массой 16–30 т уплотняют смеси сех типов, при этом их производительность больше, чем у гладковаль-овых. Работая при высокой температуре, они обеспечивают достиже-ие коэффициента уплотнения до 0,96 и выше и не дробят каменный атериал.

Самоходный пневмоколесный 20-тонный каток ДУ-55 имеет ряд реимуществ по сравнению с другими моделями: смачивание колес аспыленной жидкостью с малым расходом, централизованное регули-ование давления воздуха в шинах, движение колес на криволинейных частках «след в след» и др.

На дорожных работах в условиях города, особенно в последние оды используют и импортные пневмокатки: СР22 и СР27 массой 7,6 и ,8 т шведской фирмы «Динапак», Александр и Пума немецкой фирмы АБГ», 9–13-тонные BW 16R и BW 20R фирмы «Бомаг» и др.

На рис. 13.29. а, б представлен пневмокаток производства США с ладким протектором и специальными щетками.

Большинство катков на пневмошинах применяется для работы на тадии промежуточной укатки, т.е. после катка статического или виб-ационного действия, осуществляющего первоначальную укатку, и пе-ед катком статического воздействия, выполняющим конечную укатку.

а) б)

Рис. 13.29. Пневмокаток производства США с гладким протектором и специальными щетками:
а) общий вид; б) щетка.

При использовании пневмокатков для работы на стадии промежуточной укатки следует применять шины с минимальным числом слоев корда, равным 10, и давлением до 6,3 кг/см^2.

Однако иногда пневмокатки применяют для первоначального и конечного уплотнения. Для эффективного использования катка при первоначальном уплотнении следует выбрать каток и шинами большого размера. Катки, имеющие шины размером 7,50х15 или меньше, обычно не могут эффективно осуществить первоначальное уплотнение; для этой цели следует использовать катки с пневматическими шинами большего размера: 9,00х20, 11,00х20, 12,00х20. Например, каток GRW_{101} (Чехия) с размером шин 11,00х20, с плоским протектором и расположением колес по схеме 4х4 или каток Пума 168А (Германия) с размером шин 11,00х20 с гладким протектором, которые позволяют качественно вести уплотнение и обеспечивать хорошую устойчивость.

При работе пневмокатков на конечном этапе их дополнительное (кроме уплотнения) действие – это герметизация поверхности.

На рис. 13.30 представлен пневмокаток фирмы «Марини».

На рис. 13.31 представлен современный пневмокаток марки HAMM со следующими характеристиками:

– рабочая масса с кабиной 14500 кг;
– максимальная допустимая масса 28000 кг;
– равномерное распределение давления на все колеса 3500 кг;
– по четыре колеса спереди и сзади размером 11,00х2012 PR;
– колеи колес с каждой стороны перекрываются на 50 мм;
– сдвоенное управление, обеспечивающее надежную устойчивость;
– автоматическая система подкачки шин: в процессе укатки давление может быть быстро изменено из кабины в пределах от 1,5 до 8 бар.

Рис.13.30. Пневмокаток фирмы «Марини».

Рис. 13.31. Пневмокаток GRW 18 HAMM.

Эффективность уплотнения асфальтобетонных смесей пневмокатками зависит не только от характеристик катков, но и от особенностей смесей.

Если смесь пластичная, то она будет меньше «расползаться» под шинами с низким давлением, чем под шинами с высоким давлением. Для жесткой смеси можно применять шины с высоким давлением, так как в этом случае смесь достаточно стабильна, чтобы выдержать вес катка без смещения в горизонтальном направлении.

Ранее упоминалось, что некоторые пневмокатки способны менять давление в шинах в процессе укатки посредством системы централизованной подкачки воздуха. Теоретически, данная возможность позволяет машинисту катка менять давление в шинах по мере того, как смесь становится жестче. Таким образом, следует начинать работу (первоначальная укатка) на «мягких» шинах и повышать давление по мере того, как жесткость смеси возрастает, поскольку плотность смеси становится больше на промежуточной и конечной стадиях. Однако на практике этой способностью катка пользуются редко, так как машинист не в состоянии выполнять заданную схему укатки и непрерывно менять давление в шинах по мере того, как меняется состояние укладываемой смеси. Обычно давление в шинах катка поддерживается постоянным в течение всего периода работы при условии, что данное давление выбрано с учетом характеристик укладываемой смеси и расположения катка на асфальтобетонном покрытии по отношению к асфальтоукладчику.

К шинам катка при укатке может прилипать асфальтобетонная смесь. Для устранения этого недостатка предпринимались разные меры, включая смачивание шин водой из разбрызгивающей системы или специальным раствором, а также очищение скребками (рис. 13.29б), креплением щеток, предотвращающим прилипание смеси. Однако это не

всегда помогает. Есть сведения, что для ограждения шин от воздействия ветра и охлаждения их закрывают защитным экраном (фартуком) из фанеры или прорезиненной ткани, однако преимущества данного способа сохранения тепла пока нигде документально не подтверждены [91]. Лучшим решением данной проблемы является прогрев шин до температуры укатываемой смеси [107]. Если температура шин и уплотняемой смеси одинакова, то прилипание смеси будет минимальным или совсем отсутствовать.

Лучшим решением данной проблемы является прогрев шин (~10 мин.) до температуры укатываемой смеси.

Если пневмокаток применяют утром в начале рабочего дня для первоначальной укатки, т.е. на первой позиции в эшелоне катков, рекомендуется, чтобы во избежание налипания смеси каток перед уплотнением поработал для прогрева шин в течение 10 минут вне свежеуложенного покрытия. После этого каток на пневматических шинах должен еще 10 минут работать в промежуточной позиции за катком статического действия с гладкими вальцами с целью полного прогрева шин до уровня температуры укатываемой смеси. Во время прогрева шин может произойти некоторое налипание смеси. По окончании прогрева каток можно поставить на первую позицию, где он сможет успешно работать без налипания смеси на шины. Если уплотнение прерывается на длительный период, то процесс прогрева шин должен быть повторен перед началом укатки. Ни в коем случае нельзя оставлять каток на «горячем» слое до возобновления укатки.

Целесообразно шины пневмо- и комбинированного катка прогревать на первых 30–50 метрах одновременно с работающими в начальный период уплотнения слоя гладковальцовыми катками (без вибрации), после чего пневмокатки производили уплотнение покрытия непосредственно за асфальтоукладчиком.

После того, как будет произведен выбор типа пневмокатка исходя из размера и давления в шинах, следует обратить внимание на следующие факторы, воздействующие на качество укатки: скорость укатки, место катка на асфальтобетонном уложенном слое по отношению к асфальтоукладчику и количество проходов, которое должен выполнить каток над каждой точкой поверхности. Если уплотняющее воздействие катка будет недостаточным, то машинист катка должен изменить нагрузку на колесо и/или давление в шинах.

Скорость пневмокатков при уплотнении тонких слоев и заделке пористых (раковистых) мест – от 6 до 10 км/ч, при уплотнении толстых слоев – 3–5 км/ч.

13.1.5. Особенности работы катков комбинированного действия

Комбинированные катки оборудованы гладким вибровальцом и гладкими пневматическими шинами. Они очень эффективны при уплотнении асфальтобетонных смесей, поскольку сочетают преимущество и возможности пневмо- и виброкатков: вибровоздействие, приводящее к быстрой упаковке зерен, и «вминающее» воздействие пневматиков, способствующее сближению зерен и выжиманию воздуха из пор и перераспределению битумных пленок.

Высокая производительность комбинированных катков связана с большой шириной вальцов, большим размером шин. Ширина вальцов некоторых зарубежных катков увеличена до 1700–2100 мм. Так, например ширина вибробарабана катка SV91 (Япония) – 2150 мм. В катках комбинированного типа предпочтение отдается шинам с размером 11,00x20 с плоским протектором.

Различные модели таких катков имеют массу 2–18 т.

На рис. 13.32 представлен комбинированный сочлененный тандемный каток двух модификаций: НД 90К и НД 110К (Германия, HAMM) со следующими характеристиками:

– рабочая масса с кабиной 9300 кг;
– рабочая ширина 1680 мм;
– оба ведущих моста;
– 4 пневмоколеса 11,00x2012 PR;
– диаметр бандажа 1200 мм;
– устройство для прикатки и обрезки края полосы;
– индикатор температуры уплотняемой смеси;
– система орошения под давлением, состоящая из 2 насосов и разбрызгивателя эмульсии для смачивания колес с баком 22 л.

Известна серия катков JCB Vibromax немецкого производства, в том числе комбинированного типа. Каток комбинированного действия «Александр–128Г» фирмы «АБГ» имеет вибровалец и две пары колес с пневматическими шинами размером 11,00x20, каждая из которых имеет собственный гидропривод. Масса катка – 9,9т. На рис. 13.33 представлен комбинированный каток W 854.2K (Германия).

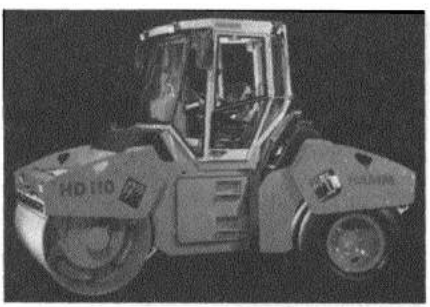


Рис. 13.32. Комбинированный сочлененный тандемный каток HD 90K/110K.

Рис. 13.33. Комбинированный каток W 854.2K (Германия).

Рис. 13.34. Комбинированный каток Stavostroj (Чехия).

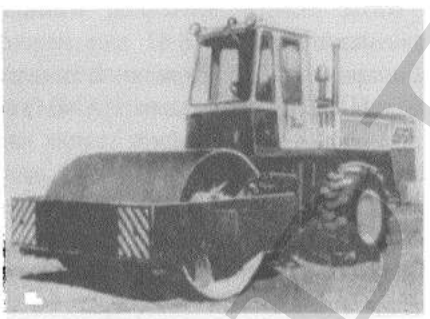


Рис. 13.35. Каток комбинированного действия ДУ-57А.

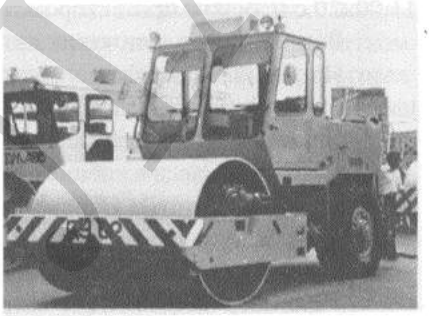


Рис. 13.36. Каток комбинированного действия ДУ-62.

Рис. 13.37. Каток комбинированного действия ДУ 486.

Рис. 13.38. Каток комбинированного действия производства Германии К-12.

Комбинированные катки фирмы «Динапак» (Швеция) CA15A, CA25A имеют вибрационные вальцы с частотой 35–40 Гц и пневматические. Масса катков составляет соответственно 6,8 и 10,4 т.

Самый тяжелый комбинированный каток из имеющихся на рынке – CC501C ДИНАПАК имеет массу в рабочем состоянии 20715 кг, ширину вальца 2130 мм, нагрузку на колесо 3095 кг, амплитуду 0,4–0,7 мм, обеспечивает уплотнение слоя толщиной до 20 см.

На рис. 13.34 показан комбинированный каток Stavostroj (Чехия) – VV910D массой 8,9 т.

Для обеспечения рационального использования комбинированные катки должны двигаться пневмовальцами вперед.

В настоящее время при ремонте и реконструкции асфальтобетонных покрытий в России работают несколько марок европейских катков комбинированного действия: массой 9–10 типа BW 161AC или BW 164AC фирмы «Бомаг», К-12, W-170, RW-15, КМ-123Д.

Практика использования катков комбинированного действия показала, что при первых 3–4 проходах скорость катка должна быть до 2 км/ч, при последующих – до 5 км/ч.

Результаты уплотнения в любом случае зависят от квалификации машиниста катка и выбранной схемы уплотнения.

3.1.6. Особенности уплотнения при неблагоприятных погодных условиях

В условиях быстрого остывания слоя горячей смеси и обеспечения требуемой для уплотнения температуры целесообразно ускорить сам процесс укладки слоя и его укатки.

М.П. Костельовым на практике было установлено [54], что рабочую скорость укладчика при низких температурах воздуха следует повышать до 3 (4–5) м/мин., с тем, чтобы к началу работы катков на уложенном участке (минимальная протяженность для работы среднего тандемного катка – не менее 13–15 м) температура слоя в начальной и конечной зонах захватки отличалась не более чем на 10–15 °С. В противном случае работа катка в начальной точке может оказаться уже запоздалой, а в конечной – преждевременной.

Процесс уплотнения в подобных условиях должен быть производительным, для что следует предусмотреть кроме подбора типа и размеров катков оптимальное соотношение ширины полосы укладки, ширины вальца и величины перекрытия уплотняемых полос.

Производительность работы катков определяется следующей зависимостью:

$$П_ч = 1000 (B_К – α) * V_К * K_И/n, м^2/ч,$$

где $B_К$ – ширина вальца, м,
α – среднее реальное перекрытие, м,
$V_К$ – средняя рабочая скорость катка, км/ч,
n – количество проходов по одному следу,
$K_И$ – коэффициент использования (~0,83).

Росту производительности катка ($П_ч$) способствует увеличение значений $B_К$, $V_К$ и снижение n.

Учитывая вышеприведенную зависимость

$$I = B_{укл} – α/B_К – α \text{ или } α = B_{укл} – α/i ( ),$$

где I = 1, 2, 3 – количество проходов по ширине укладываемой полосы.

Получаем $П_ч = 1000 (B_{укл} – α) V_к K_и/i_n$

Из опыта следует, что производительность катка определяется не только параметрами самого катка, но и шириной полосы укладки $B_{укл}$ и величиной перекрытия уплотняемых полос катка α.

Принято считать, что оптимальная величина α – 15–25 см. Реально же на ее величину влияет соотношение $B_{укл}$ и $B_к$, и поэтому α может быть и 30 и 80 см и даже более 100 см.

Известно, что большей производительностью отличаются катки с широкими вальцами. Используя один каток (например, тандемный виброкаток НД 130 фирмы HAMM с весом 14,2 т $B_К$ = 2140 мм, $V_к$ = 4 км/ч), общее количество проходов в статике и с вибрацией равно 8 [(2÷4) + (4÷6)]. При уплотнении полос с разной шириной укладки, установили, что его производительность может меняться до 1,5–2 раз (табл. 13.7), а максимальная производительность может быть достигнута при наиболее выгодной для него ширине укладки – 4 м. Для катков с $B_к$ = 1450 и 1680 мм определили, что при $B_{укл}$ = 3,5; 3,75; 4,0 м большую производительность имеет каток с $B_к$ = 1450 мм, а при $B_{укл}$ = 3,0 и 4,5 м – более производителен каток с $B_к$ = 1680 мм.

Таким образом, для каждого катка существует определенная ширина укладываемой полосы, при уплотнении которой он развивает наибольшую производительность. Не всегда максимальную производительность можно достичь за счет большой ширины вальца, не менее важна величина ширины укладываемой полосы.

Таблица 13.7

Зависимость производительности от ширины укладки

Ширина укладки, м	3	3,5	3,75	4	4,5
Величина перекрытия соседних полос катка α, см	128	78	53	28	96
Количество продольных полос катка на ширине укладки i	2	2	2	2	3
Часовая производительность виброкатка НД 130, %	46	73	87	100 (770 м²/ч)	64

Например, при укладке нижнего слоя покрытия из горячей смеси при температуре –13 ÷ –18 °С задача повышения производительности и качества уплотнения решалась не за счет подбора крупных катков, а за счет уменьшения ширины укладки до оптимального, доведения ширины укладки до оптимального значения для катков BW154AD, HD 85, DY93 (1400 и 1680 мм). Для этого общая ширина покрытия 11 м была разделена на 4 уменьшенных полосы по 2,75 м. Асфальтобетонная смесь и продольные швы были уплотнены в допустимое время и достаточно качественно (отсутствие деформаций, трещин, выкраиваний и др.)

Для обеспечения требуемого качества уплотнения могут быть приняты следующие решения:

– замена режима статического уплотнения ударно-вибрационно-статическим или комбинированным воздействием систем. На рис. 13.39 показана возможность повышения производительности уплотнения на 45–50% при использовании виброкатка (10 проходов) по сравнению с использованием 2 катков – пневмоколесного и гладковальцового статического (20–22 проходов) для достижения одинаковой степени уплотнения.

– введение в отряд машин вместо обычного укладчика с трамбующим брусом и выглаживающей виброплитой, обеспечивающего коэффициент предварительного уплотнения не более 0,92–0,93, укладчика с двойным трамбующим брусом, сдвоенными уплотняющими планками, обеспечивающими более высокую степень предварительного уплотнения до 0,96–0,98. Доуплотнения слоя в этом случае можно достичь тяжелым статическим катком за 6–8 проходов.

Для устройства асфальтобетонных покрытий могут быть сформированы [55] постоянные отряды машин, в каждом из которых обоснованно, с учетом уплотняющей способности, производительности и технологического соответствия закреплены определенные укладчики и катки данных типов и размеров. С переходом на осенний период к рекомендуемому выше применяют следующие решения: доукомплектование тяжелым катком, увеличение доли проходов тяжелых катков, повышение скорости укладки.

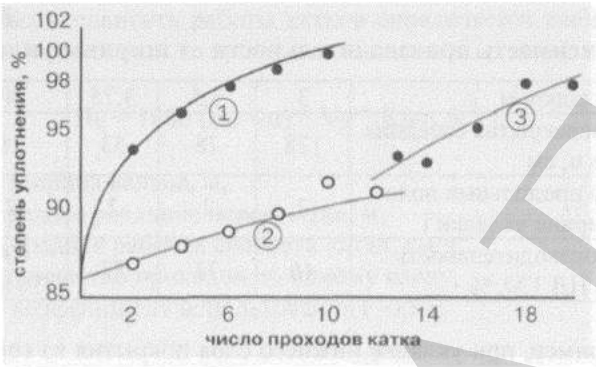


Рис. 13.39. Результаты уплотнения асфальтобетонного слоя толщиной 4 (см) катками:
1 – вибрационный тандем, 10 т; 2 – пневмоколесный, 12 т;
3 – гладковальцовый статический 18 т.

В тех случаях, когда возникает необходимость в неотложном проведении работы по устройству или ремонту асфальтобетонных покрытий в неблагоприятных условиях, следует четко проработать возможность наилучшей комплектации отряда машин и грамотную организацию работ.

13.2. Сопряжение асфальтобетонных полос

При строительстве и ремонте дорог встречаются два типа сопряжения асфальтобетонных полос. Первым типом является поперечное сопряжение. Его приходится выполнять каждый раз, когда укладку асфальтобетонного полотна прерывают более чем на 1 час. К сопряжениям второго типа относится так называемое продольное сопряжение асфальтобетонных полос, который выполняется при укладке асфальтобетонной полосы рядом с ранее уложенной.

13.2.1. Поперечное сопряжение

При прекращении укладки асфальтобетонной смеси на длительный период необходимо подготовить конец уложенной полосы к созданию поперечного сопряжения перпендикулярно к оси дороги с последующим ее продолжением. Его можно сделать несколькими способами. Выбор способа соединения зависит от того, будет или нет осуществляться движение транспорта по уложенной полосе в период между окончанием и возобновлением строительства [91, 107].

Если транспорт не будет проезжать через конец уложенной асфальтобетонной полосы, то его можно подготовить к простому соединению с новой полосой. Если транспорту будет разрешено пересекать конец уложенной асфальтобетонной полосы, то необходимо выполнить клиновое соединение. В обоих случаях операции, выполняемые асфальтоукладчиком, будут во многом одинаковыми. Создание же самих сопряжений разного типа будет проводиться различными методами.

Очень важно, чтобы асфальтоукладчик работал в обычном режиме до той отметки, где предполагается делать сопряжение. Это означает, что давление смеси на выглаживающую плиту должно поддерживаться по возможности постоянным до линии сопряжения. Соблюдение этого требования обеспечивает постоянство сил, действующих на выглаживающую плиту, и поддержание соответствующего угла атаки. В результате этого в конце уложенной асфальтобетонной полосы ее толщина будет идентична толщине всего уложенного слоя.

Часто встречающейся, но является ошибочной, выработка всей смеси из загрузочного бункера асфальтоукладчика к моменту окончания укладки асфальтобетонной полосы и подготовки ее к последующему поперечному сопряжению. Машинист асфальтоукладчика визуально предопределяет место окончания полосы (рис. 13.40), выложив на дорогу всю смесь из бункера. При этом в конце укладки в шнековую камеру поступает малое количество смеси. Вследствие этого ее давление на выглаживающую плиту уменьшается, плита опускается, а толщина укладываемого асфальтобетонного слоя снижается. Более правильным является создание поперечного сопряжения в том месте, где давление смеси на выглаживающую плиту было еще нормальным.

13.2.2. Простое сопряжение

Для создания простого сопряжения по всей ширине уложенного слоя вручную делают вертикальный срез в конце полосы (рис. 13.40). Данная операция включает срезание края (рис. 13.41), удаление асфальтобетонной смеси (рис. 13.42), находящейся за намеченной линией сопряжения, как показано на рисунке, и, если необходимо, промазку линии сопряжения (рис. 13.43). Ни в коем случае нельзя повредить асфальтобетонную смесь, остающуюся до линии сопряжения. Излишки смеси сгребают и убирают (рис. 13.44)

Уплотнение уложенной асфальтобетонной полосы до линии сопряжения производят обычным способом. При этом необходимо, чтобы катки уплотняли смесь непосредственно до линии сопряжения. Чтобы правильно выполнить эту операцию, рядом с концом полосы необходимо положить опорные доски для схода катка. Толщина досок должна

быть приблизительно равна предполагаемой толщине уплотненного асфальтобетонного слоя. Кроме того, доски должны быть достаточно широкими и длинными, чтобы на них мог полностью уместиться валец катка. При работе каток пересекает подготовленное сопряжение и въезжает на уложенные доски прежде, чем сменить направление уплотнения. Это обеспечивает адекватное уплотнение смеси по соединительной кромке полосы.

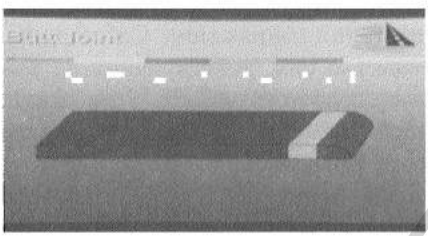


Рис. 13.40. Место намеченного поперечного сопряжения

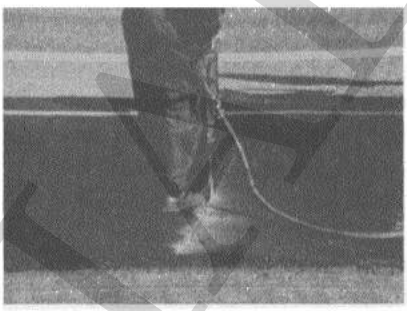


Рис. 13.41. Срезание края полосы.

Рис. 13.42. Удаление асфальтобетонной смеси за намеченной линией поперечного сопряжения.

Рис. 13.43. Промазка линии сопряжения.

Очень важно применять доски для ската, так как в противном случае каток будет доезжать до конца полосы и там менять направление движения. В этом случае велика вероятность того, что валец или пневмошины продвинутся за конец полосы и скруглят подготовленный к соединению край. Степень округления будет зависеть от количества таких наездов на кромку и толщины создаваемого покрытия.

Рис. 13.44. Сгребание излишка смеси при устройстве поперечного сопряжения.

В таком случае возникают два фактора, мешающие созданию правильного шва. Во-первых, округление кромки не позволит создать правильное вертикальное соединение полос, когда будет продолжена укладка асфальтобетонной смеси. Во-вторых, в данном случае, как правило, уплотнение смеси вблизи линии соединения бывает недостаточным, что обусловит большую пористость в слое вблизи сопряжения и, соответственно, слабые места и неоднородность в структуре асфальтобетонного покрытия. Таким образом, применение досок для схода катков является необходимым условием для создания правильного сопряжения. Решить данную проблему можно только путем срезания (с помощью режущего диска или отбойного молотка) и удаления уложенного асфальтобетонного слоя до участка постоянной толщины и плотности, как проиллюстрировано на рисунке 13.41.

13.2.3. Клиновое сопряжение

Если по уложенному полотну будет осуществляться движение транспорта, то его кромку необходимо подготовить к поперечному клиновому сопряжению. Для подготовки данного типа сопряжения, так же, как и простого, необходимо, чтобы машинист асфальтоукладчика поддерживал по возможности постоянным давление смеси на выглаживающую плиту до предполагаемой линии поперечного соединения полос. Такая работа обеспечивает получение равномерного по толщине асфальтобетонного слоя до линии соединения.

Эту операцию проще выполнить на практике при создании клинового сопряжения, чем простого, так как смесь, оставшаяся в загрузочном бункере может быть использована для формирования «клина».

По линии поперечного соединения временно отгребают асфальтобетонную смесь в сторону от уложенного слоя. Затем формируют вертикальную кромку уложенной полосы. Если предполагается сделать временное клиновое сопряжение, то на существующую дорогу вдоль линии соединения полос укладывают специально обработанную бумагу [91] или аналогичный рулонный материал (рис. 13.45 и рис. 13.46). Бумага используется потому, что к ней не прилипает асфальтобетонная смесь. Ширина бумаги зависит от толщины уложенного слоя, обычно применяют бумагу шириной 90 см или 120 см. Если размеры бумаги будут недостаточными, то каток может сдвинуть смесь с бумаги и повредить кромку уложенной полосы.

Как только бумага будет уложена, на нее лопатой набрасывают отодвинутую ранее смесь и формируют из нее клин с помощью шаблона и граблей. Всю оставшуюся смесь, не потребовавшуюся для создания клина, удаляют. Если предполагается, что данное сопряжение будет постоянным, то клин создают таким же способом, только не применяя бумагу.

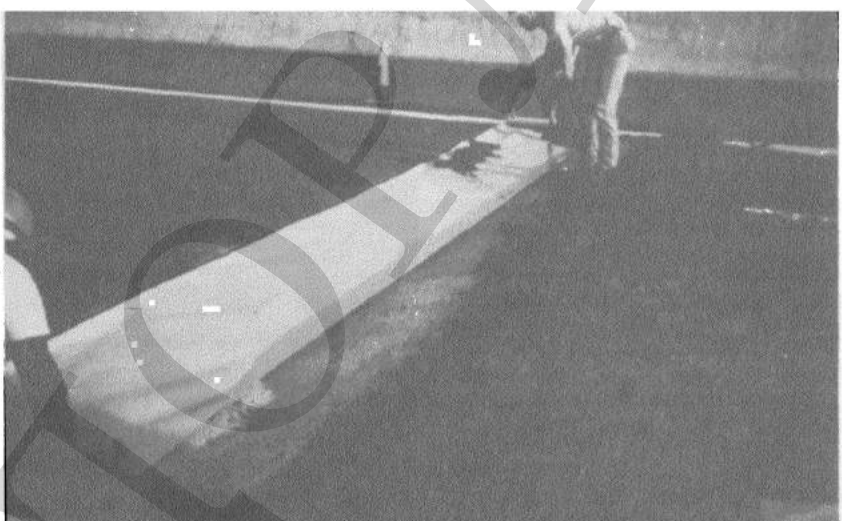


Рис. 13.45. Укладка специальной бумаги.

Иногда вместо специально обработанной бумаги применяют песок или пыль с обочины, которые разравнивают на поверхности существующей дороги. Это нецелесообразно и даже вредно: действительно, песок или пыль не позволяют асфальтобетонной смеси прилипнуть к

нижнему слою, но когда асфальтобетонный клин будет удален, будет очень трудно полностью удалить песок или пыль с нижнего слоя. В результате получают «скользкую» поверхность, с которой будут отслаиваться куски вновь уложенного асфальтобетонного покрытия при интенсивном движении транспорта.

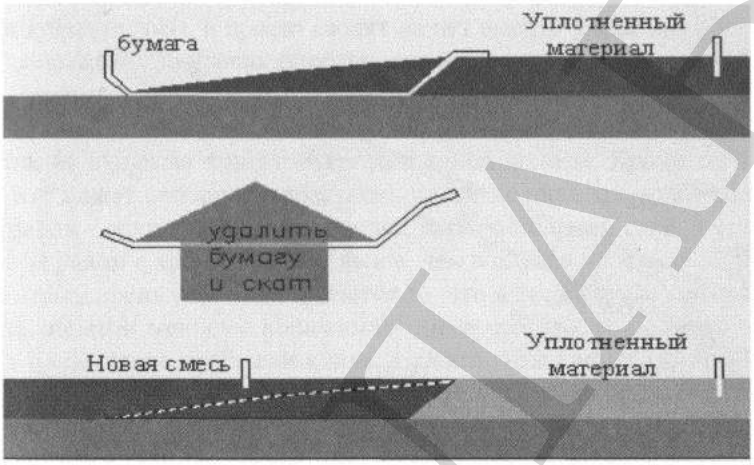


Рис. 13.46. Устройство клинового сопряжения с использованием бумаги.

Рис. 13.47 и 13.48 иллюстрирует альтернативный способ создания поперечного клинового сопряжения с помощью доски, имеющей такую же толщину, что и уплотненный асфальтобетонный слой [91]. Асфальтоукладчик проходит по месту окончания полосы, а затем лопатой удаляют смесь по линии поперечного сопряжения. Со стороны уложенной полосы формируется вертикальная кромка. При этом принимаются все меры, чтобы не повредить асфальтобетонную смесь до кромки. После этого укладывают доску вплотную (как бы в продолжение уложенной полосы) к сформированной вертикальной кромке. Затем удаленную ранее смесь насыпают лопатой вплотную к доске (в продолжение доски) и формируют из нее клиновой скат от верхней кромки доски к существующей дороге. Таким образом, транспорт будет наезжать на кромку конца полосы, затем ехать по доске и спускаться по клиновому скату. Чтобы движущийся транспорт не выбивал доску из соединения, она должна иметь ту же толщину, что и уплотненное асфальтобетонное покрытие, должна быть прямой и не иметь продольного изгиба вверх, за который будут задевать колеса проезжающих машин, расшатывая доску. Именно потому на практике данный метод применяют редко.

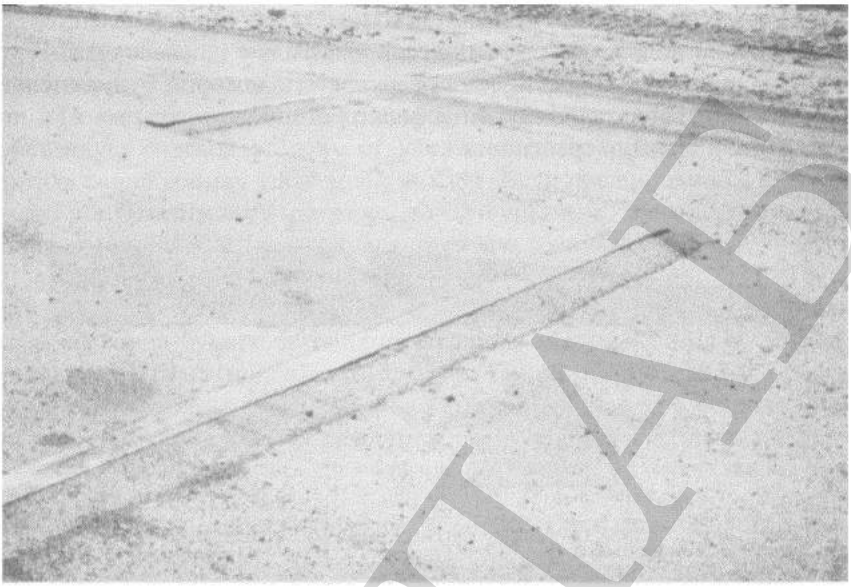


Рис.13.47. Клиновой шов с использованием досок в реальном покрытии.

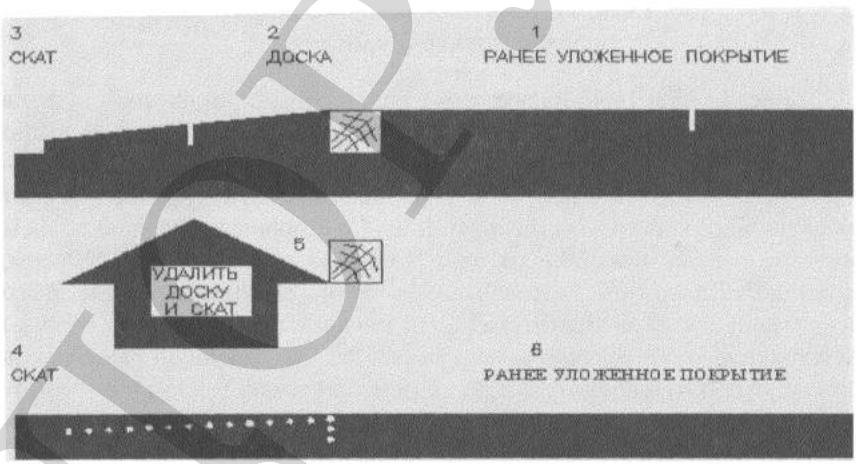


Рис. 13.48. Схема использования досок для устройства поперечного сопряжения.

Третий тип клинового сопряжения получают без формирования и выпиливания асфальтобетона. Чтобы создать сопряжение такого типа, ма-

шинист асфальтоукладчика производит укладку до тех пор, пока в загрузочном бункере или в шнековой камере больше не останется асфальтобетонной смеси. Поперечное сопряжение делают в том месте, где в уложенном асфальтобетонном слое появилось понижение. От намеченной линии сопряжения делают скат в сторону существующей дороги из уложенной асфальтобетонной смеси. В данном случае не формируют вертикальной кромки конца полосы, а просто сводят на нет высоту уложенного слоя от линии сопряжения до уровня существующей дороги.

Преимуществом такого клинового соединения является то, что каток в этом случае может наезжать на линию сопряжения и спускаться со ската, не скругляя при этом кромки конца полосы. Кроме того, так как каток может свободно переезжать конец полосы, он уплотняет область рядом с кромкой так же хорошо, как и остальной слой, т.е. качество слоя рядом с кромкой будет выше, чем в случае простого сопряжения. Вторым преимуществом является то, что в этом случае приходится убирать лопатой меньшее количество смеси, так как ее большая часть уходит на создание ската или клина. Недостатком данного сопряжения является то, что в конечном итоге построенный клин надо будет удалить, чтобы продолжить уложенную асфальтобетонную полосу.

13.2.4. Устройство сопряжения вручную

В случаях, когда вновь уложенный асфальтобетонный слой примыкает к какому-либо существующему сооружению, например, к мосту, присоединение полосы следует делать вручную. Горячую асфальтобетонную смесь, требуемую для работы, асфальтоукладчик или самосвал выгружает рядом с данным участком. Во избежание лишних операций со смесью, которые могут обусловить ее расслоение, смесь необходимо выгрузить по возможности ближе к месту применения. Затем смесь вручную разравнивают, применяя обычно грабли или шаблон. Смесь должна быть уложена более толстым слоем, чем это делает асфальтоукладчик, так как при ручной укладке смесь уплотняется меньше, чем при укладке асфальтоукладчиком. Практический опыт показывает, что уложенная вручную смесь должна быть выше на 25–35% проектной толщины [96]. Смесь, уложенная вручную, должна быть уплотнена как можно более быстро после ее укладки. Так как ручная работа занимает много времени, горячая асфальтобетонная смесь может сильно остыть, если произойдет задержка с уплотнением. В некоторых случаях требуется особое уплотнение, чтобы получить необходимую степень плотности в области соединения.

13.2.5. Укладка новой полосы после сопряжения

Если на месте поперечного соединения построено клиновое сопряжение, то до начала укладки новой полосы необходимо удалить созданный скат. Если клиновое сопряжение было сделано с помощью специальной бумаги, то соединения между асфальтобетонным клином и нижним слоем не образуется. Бумагу и асфальтобетонный клин легко удаляют с поверхности дороги. На сопряжении остается вертикальная уплотненная кромка уложенной полосы.

Если клиновое сопряжение было сделано с помощью доски и асфальтобетонного ската, то происходит частичное соединение асфальтобетонного клина с поверхностью существующей дороги. Чтобы вскрыть клиновой слой, обычно применяют одноковшовый фронтальный погрузчик. Трудоемкость данной работы зависит от количества транспорта, проехавшего по данному скату, и от погодных условий. После удаления асфальтобетонного ската, доску снимают, и на сопряжении остается вертикальная уплотненная кромка уложенной полосы.

Перед тем, как приступить к укладке новой полосы, проверяют состояние вертикальной кромки будущего сопряжения с помощью прямоугольной рейки. Если слой в области кромки ровный, то считают, что место соединения подготовлено правильно. Если проверка с помощью рейки выявит неровность ранее уложенного полотна, то линию соединения полос следует перенести в место, где полотно ровное и одинаковой толщины. В этом случае следует удалить асфальтобетонный слой до новой линии соединения полос.

Как было указано в разделе «Подготовительные работы», укладку новой асфальтобетонной смеси в месте поперечного шва начинает асфальтоукладчик со стартовых колодок, размещенных равномерно по ширине ранее уложенной полосы и компенсирующих требуемое увеличение толщины вновь укладываемого слоя. Прежде чем начать движение и быстро довести скорость до рабочей, устанавливают угол атаки плиты, проверяют заполнение шнековой камеры смесью.

При необходимости, регулируют угол атаки выглаживающей плиты для получения слоя требуемой толщины (рис. 13.49а, в). Если выглаживающая плита (и ее угол атаки) была правильно установлена в исходное положение, когда она находилась на стартовых колодках, последующая регулировка ее положения должна быть минимальной.

Если поперечное соединение полос выполнялось до данного этапа правильно, то объем работ по разравниванию смеси должен быть минимальным. Если асфальтоукладчик начинает работать со стартовых колодок и давление материала на выглаживающую плиту поддерживается постоянным, то асфальтоукладчик будет укладывать слой требуемой

толщины. В этом случае очень небольшое количество смеси потребуется убрать с сопряжения. На практике при разравнивании смеси уравнивают высоту нового неуплотненного асфальтобетонного слоя с высотой ранее уложенного покрытия. Для этого образовавшееся возвышение смеси сдвигают в сторону вновь уложенной полосы. Однако после уплотнения уровень вновь уложенного асфальтобетонного полотна понизится и появится перепад высот. Во избежание этого рекомендуется удаление смеси только в минимальном объеме.

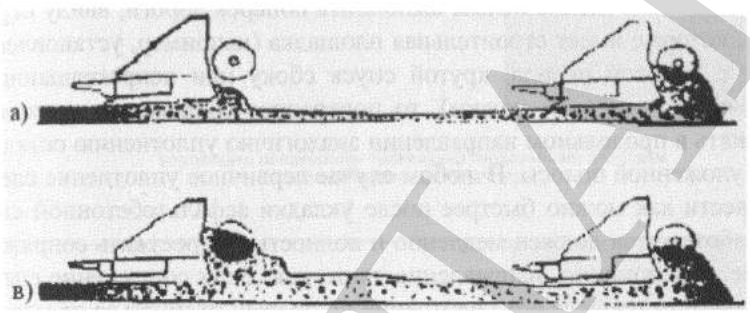


Рис.13.49. Давление смеси на выглаживающую плиту при укладке поперечного стыка:
а) недостаток смеси, в) избыток смеси.

Прежде чем производить уплотнение вновь уложенного слоя, необходимо проверить ровность уложенного слоя в области сопряжения с помощью прямоугольной рейки (шаблона) располагаемой поперек сопряжения (рис. 15.6). Прямоугольную рейку кладут на уложенный слой так, чтобы она нависала над ранее уложенным. Высота нависания линейки над уплотненным слоем должна соответствовать величине, на которую уменьшится толщина только что уложенного слоя после его уплотнения. Проверку с помощью прямоугольной рейки следует провести повторно после укатки полотна.

13.2.6. Уплотнение сопряжения

Как показано на рис. 13.51а, в идеальном случае уплотнение поперечного сопряжения следует производить вдоль сопряжения, то есть уплотняющее оборудование должно перемещаться поперек, а не вдоль уложенного асфальтобетонного полотна. Если уплотнение слоя производится в поперечном направлении (рис. 13.51б), то по обочинам полосы необходимо положить доски, на которые будет выезжать каток при

пересечении продольной кромки полосы. Каток должен уплотнять слой таким образом, чтобы вся площадь вокруг сопряжения уплотнялась одинаково. Это будет очень трудно сделать, если по обочинам уложенной полосы с обеих сторон не будут положены достаточно длинные доски, чтобы каток мог полностью съезжать с асфальтобетонного полотна. В этом случае наиболее удобен малогабаритный каток. При отсутствии малогабаритного катка уплотнение можно осуществлять, направляя каток под углом 45° к линии сопряжения (рис. 13.51в)

Если уплотнение нельзя выполнить поперек дороги, ввиду ограничений, которые имеет строительная площадка (например, установленные рядом с полосой перила, крутой спуск сбоку или непрекращающееся движение по соседней полосе), то поперечное сопряжение приходится уплотнять в продольном направлении аналогично уплотнению остальной части уложенной полосы. В любом случае первичное уплотнение следует произвести как можно быстрее после укладки асфальтобетонной смеси. При работе каток должен медленно и полностью переезжать сопряжение прежде, чем поменять направление движения. Если сопряжение сделано правильно, то процесс его уплотнения не должен отличаться от уплотнения остальной части асфальтобетонного слоя.

При устройстве асфальтобетонного покрытия тремя или более полосами (рис. 13.52) поперечные сопряжения, для большей сдвигоустойчивости конструкции, делают в разных створах (в разбежку).

13.2.7. Продольные швы

В случаях, когда покрытие нельзя устраивать сразу на всю ширину и распределение смеси производится одним асфальтоукладчиком, (длина укладываемой полосы устанавливается по главе «Укладка асфальтобетонных смесей»), технология работ включает обязательное устройство продольных сопряжений.

В некоторых случаях до создания продольного шва необходимо предварительно срезать кромку существующей асфальтобетонной полосы на расстоянии 2,5–5,0 см. Эту операцию выполняют с помощью фрезы или режущего диска. Кромку необходимо срезать для того, чтобы удалить ту часть ранее уложенной полосы, которая может иметь меньшую плотность, ввиду расползания смеси при ее укатке. После срезания кромки на освободившуюся поверхность необходимо обработать вяжущим (битумом или битумной эмульсией).

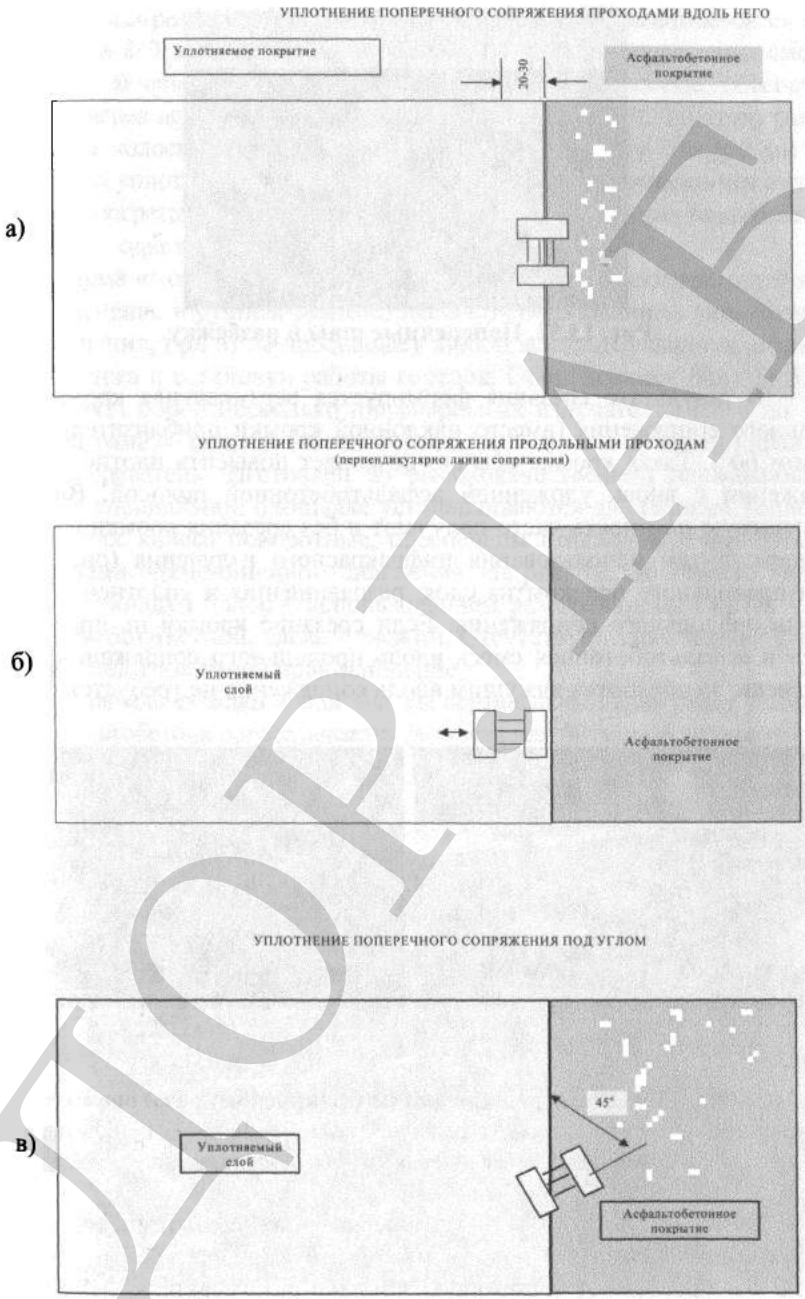


Рис. 13.51. Уплотнение поперечного сопряжения.

ДОРЛАБ

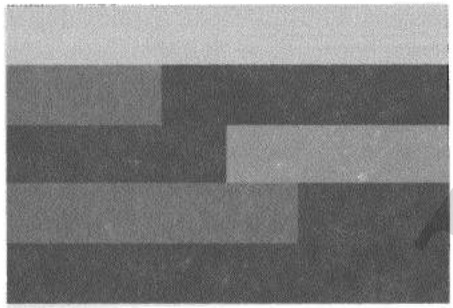
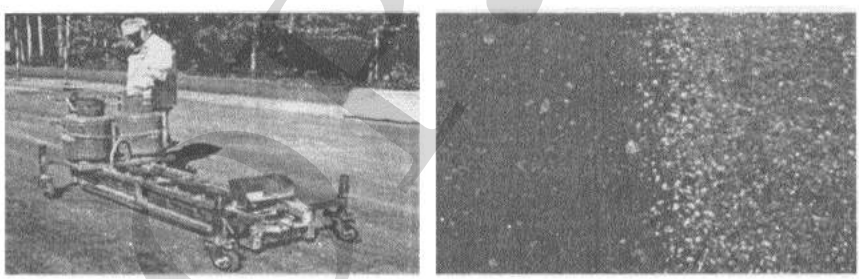


Рис. 13.52. Поперечные швы в разбежку.

В результате срезания формируется вертикальная кромка продольного сопряжения (вместо наклонной кромки приблизительно под углом 60°). Такая кромка обычно позволяет повысить плотность в сопряжении с вновь уложенной асфальтобетонной полосой. Впрочем, адекватную плотность часто получают и без срезания кромки соседней полосы: путем использования инфракрасного излучения (рис. 13.53) или правильного перекрытия слоя, разравнивания и уплотнения смеси вдоль продольного сопряжения. Если срезание кромки не производилось и асфальтобетонная смесь вдоль продольного сопряжения не загрязнена, то обработка вяжущим вдоль сопряжения не требуется.



а) б)

Рис. 13.53. Разогрев кромки инфракрасным разогревателем:
а) внешний вид инфракрасного разогревателя; б) продольный шов устроен с использованием инфракрасного разогревателя.

Часто, при работах в городских условиях, если температура, ранее уложенной смежной полосы ниже требуемой, ее край на ширину до150 мм прогревают с помощью линейки-разогревателя, использующей тепловую энергию инфракрасного излучения.

Линейка-разогреватель позволяет разогревать асфальтобетон слоем 30–40 мм за 2–3 мин. до температуры 80–100 °С. При сопряжении смежных полос линейку-разогреватель перемещают со скоростью, обеспечивающей нагрев асфальтобетона до температуры 70–80 °С по краю ранее уложенной полосы асфальтобетона, который на ширину 100–150 мм не подвергался уплотнению. Вновь устраиваемая полоса соприкасается в этом случае с разогретым краем ранее устроенной полосы, которая подвергается уплотнению одновременно с новой полосой [91].

Фирма «Коррус-Тех, Инк» предлагает модели разогревателей как для применения в ручном режиме, так и с использованием автоматического решения, при этом дооснащает любой асфальтоукладчик автоматикой запуска и остановки работы горелок. Оборудование (рис. 13.53а) представляет собой несколько инфракрасных излучателей (от 6 до 11) на общей раме, с газовым обеспечением, колесами и ручками управления. Разогреватель изготовлен из высококачественной нержавеющей стали. На специальной площадке устанавливаются два газовых баллона по 27 л. Все колеса поворотные, обеспечены стояночным тормозом и фиксаторами прямолинейного движения. На рис. 13.53б хорошо виден результат укладки полос с использованием разогревателя. Справа уложенный накануне слой, слева – свежий. Отсутствует характерный стык. Полосы имеют взаимное проникновение.

До начала укладки новой полосы вертикальный край ранее уложенного асфальтобетона обрабатывается битумом или битумной эмульсией.

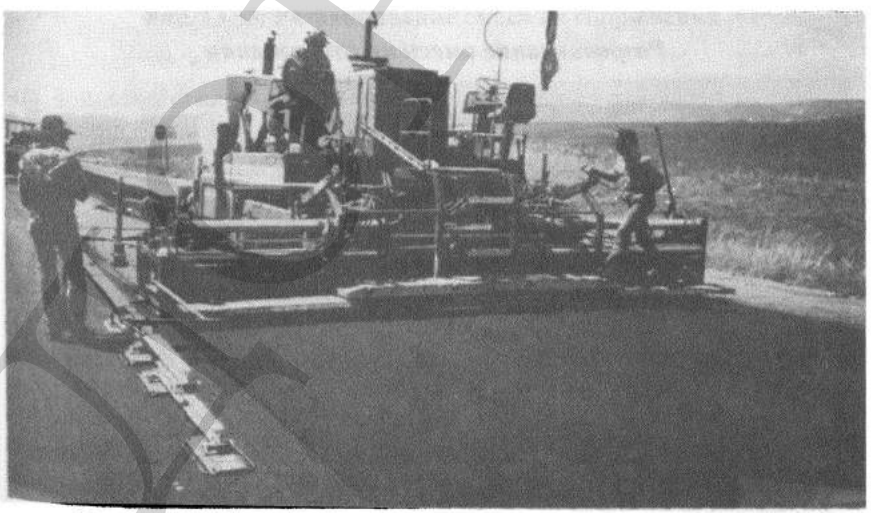


Рис. 13.54. Правильно устроенное продольное сопряжение.

При отсутствии инфракрасных излучателей главным фактором, определяющим создание хорошего продольного сопряжения между асфальтобетонными полосами при работе одного асфальтоукладчика, является правильное перекрытие новой горячей смесью ранее уложенной полосы. Удерживающий щит асфальтоукладчика должен заходить на соседнюю полосу так, чтобы на ней образовывалась полоса горячей смеси шириной не более 10–20 см. Такое перекрытие обеспечивает укладку достаточного количества асфальтобетонной смеси по линии сопряжения, чтобы можно было произвести правильное уплотнение без разравнивания избыточного количества смеси. Высота нового слоя асфальтобетонной смеси над уровнем уплотненной соседней полосы должна быть больше с учетом коэффициента уплотнения.

Одним из основных затруднений при создании продольного сопряжения полос является избыточный заход выглаживающей плиты на соседнюю полосу. (В частности, это может быть обусловлено неровной или волнистой кромкой соседней полосы.) Это обстоятельство существенно упрощается путем укладки первой полосы с ровной кромкой. Для этого машинист асфальтоукладчика может использовать натянутую струну в качестве ориентира для направления движения. Так как избыточную асфальтобетонную смесь нельзя сдвинуть на ранее уплотненное полотно, этот материал приходится перераспределять на свежеуложенный слой. Если же продольная кромка первой полосы прямая и асфальтоукладчик делает правильное перекрытие полосы, то объем ручных работ будет минимальным (рис. 13.54).

Разравнивание смеси на сопряжении

Если перекрытие новой асфальтобетонной смесью соседней полосы составляет не более 5 см, то разравнивание смеси на сопряжении заключается в создании «валика» путем сдвигания смеси с ранее уложенной полосы на новую в область сопряжения. В результате над сопряжением будет несколько большее количество смеси, которое впоследствии будет уплотнено катком. Если перекрытие соседней полосы будет сделано на большую ширину и на укатанной поверхности окажется слишком большое количество асфальтобетонной смеси, то ее избыточное количество придется убирать с укатанного полотна, вместо того, чтобы сдвинуть смесь на сопряжение. Снятую смесь нельзя разбрасывать по поверхности только что уложенного слоя. Избыточное количество смеси следует удалить, как показано на рисунке 13.55в) и рисунке 13.56.

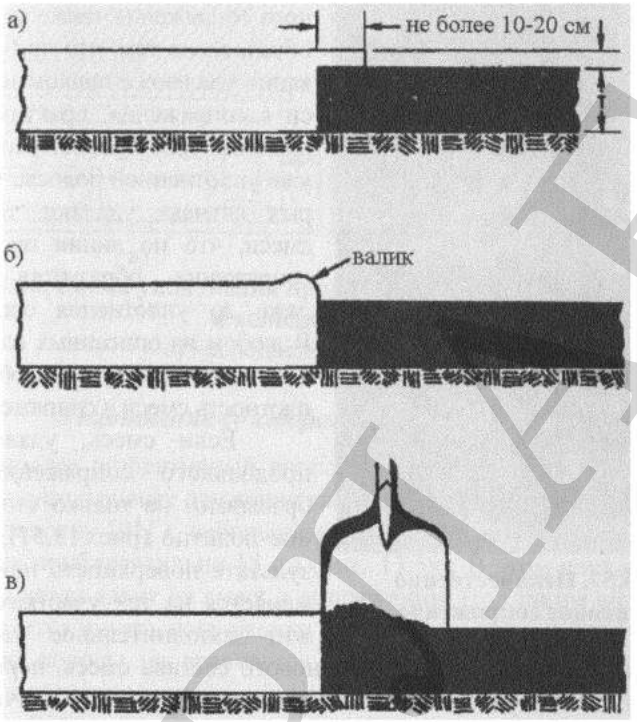


Рис. 13.55. Разравнивание смеси на сопряжении.

Рис. 13.56. Сгребание излишка смеси с продольного сопряжения.

ПРОЕКТ

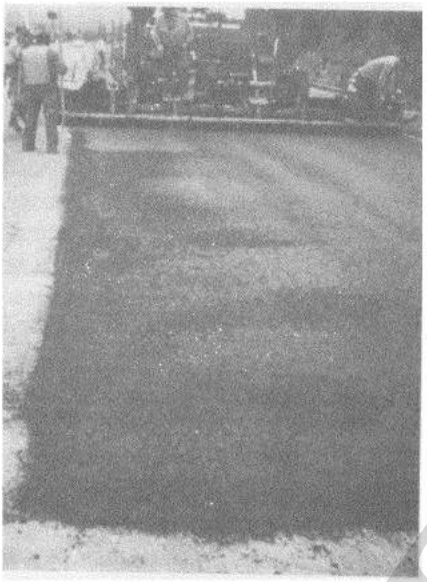


Рис. 13.57. Некачественно выполненное сопряжение.

Некачественность продольного сопряжения также может быть обусловлена тем, что при разравнивании удаляют слишком много смеси с сопряжения, практически выравнивая уровни вновь уложенной и уже уплотненной полосы. В некоторых случаях удаляют так много смеси, что по линии продольного сопряжения образуется впадина даже до уплотнения сопряжения. В любом из описанных случаев невозможно получить необходимую плотность смеси в сопряжении.

Если смесь, удаленную с продольного сопряжения, перебрасывают на только что уложенное полотно (рис. 13.57), то в результате поверхность нового слоя меняется на тех участках, где лежит дополнительное количество смеси. В зависимости от своего зернового состава смесь, переброшенная на только что уложенный слой, может обусловить значительные различия в текстуре соседних полос.

Уплотнение продольного сопряжения

Если уровень нового неуплотненного слоя находится вровень или ниже уровня уплотненного покрытия соседней полосы, то каток не сможет уплотнить надлежащим образом смесь, расположенную на сопряжении. Независимо от того, производит ли каток первый проход по «холодной» или «горячей» стороне сопряжения, часть веса катка будет распределяться на поверхность уплотненного слоя (рис. 13.58). Таким образом, каток образует «мост» над сопряжением, в результате чего смесь, находящаяся в сопряжении, останется неуплотненной или только частично уплотненной. (Применение катков на пневмошинах позволяет частично решить этот вопрос). Чтобы получить требуемое уплотнение смеси, ее уровень в сопряжении должен быть выше уровня соседней укатанной полосы с учетом коэффициента уплотнения.

АРХИВ

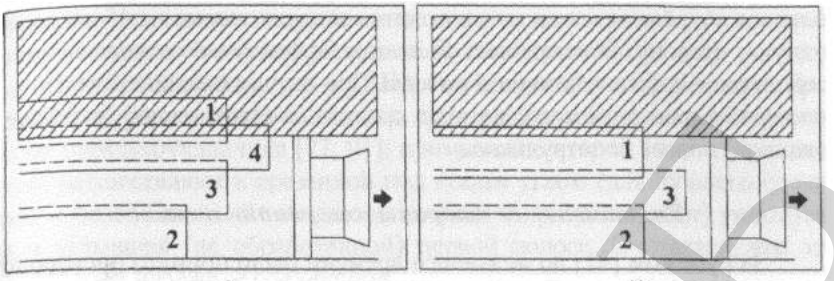


Рис. 13.58. Схема уплотнения продольного шва на стыке горячего и холодного слоев:
а) «холодная»; б) «горячая».

Уплотнение со стороны «горячей» полосы

Наиболее эффективный способ уплотнения продольного сопряжения предусматривает движение катка по только что уложенному «горячему» полотну [91] с небольшим наездом на «холодную» полосу на расстояние приблизительно 15 см (рис. 13.59). В этом случае основная часть веса катка давит на смесь в сопряжении. Под таким воздействием смесь подается внутрь сопряжения до тех пор, пока уровень только что уложенной полосы не сравняется с уровнем соседней полосы. Если уровень уплотняемой смеси над продольным сопряжением выше уровня холодной полосы и если смесь не остыла к моменту уплотнения, то для уплотнения можно применять катки любого типа.

Иногда первый проход катка делают таким образом, чтобы край катка не доходил 15 см до продольного сопряжения. Такой метод основан на теории, заключающейся в том, что смесь будет смещаться под действием катка внутрь сопряжения и в результате будет получено лучшее уплотнение. Если укладываемая смесь достаточно стабильна, то каток не может существенно сместить смесь в горизонтальном направлении. В таком случае такой способ уплотнения продольного сопряжения не дает каких-либо преимуществ над описанным выше способом. Обычно уплотнение про-

Рис. 13.59. Уплотнение продольного шва со стороны «горячей» полосы.

дольного сопряжения, при котором каток заходит только на 15 см на «холодную» сторону, обеспечивает большую эффективность уплотнения по всей ширине асфальтобетонной полосы. При осуществлении этого способа уплотнения движение транспортных средств на уплотненной (отремонтированной) полосе не затруднено.

Уплотнение со стороны «холодной» полосы

За рубежом [91] до недавнего времени было принято производить первоначальное уплотнение продольного сопряжения с «холодной» стороны (ранее уложенной полосы). В этом случае основная часть веса катка распределяется на ранее уплотненную поверхность дороги (рис. 13.60) При уплотнении каток надвигается на область сопряжения только на ширину, равную приблизительно 15 см. При таком способе большая часть уплотняющего воздействия теряется даром, так как оно направлено на уже уплотненную асфальтобетонную поверхность. К тому же, за время первого прохода катка по «холодной» стороне сопряжения только что уложенная смесь «горячей» стороны сопряжения будет остывать, и соответственно будет остывать все только что уложенное асфальтобетонное покрытие. В условиях неблагоприятной погоды и малой толщины уложенного слоя задержка уплотнения вследствие выполнения первого прохода по «холодной» стороне сопряжения может оказать отрицательное воздействие на качество получаемого асфальтобетонного покрытия.

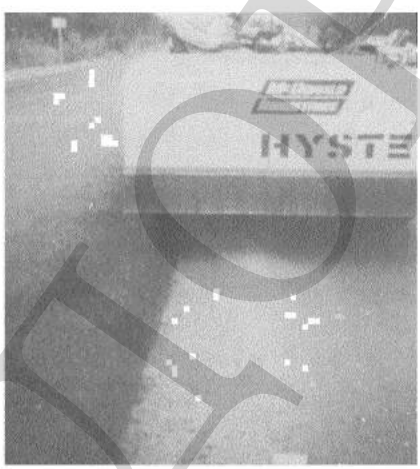


Рис.13.60. Уплотнение продольного шва со стороны холодной полосы.

Уплотнение продольного сопряжения со стороны «холодной» полосы часто оправдывают тем, что она позволяет «сжать» сопряжение и таким образом повысить степень уплотнения в нем смеси, однако нет подтверждения этой теории. В реальных условиях, независимо от применяемого способа уплотнения, достигаемая плотность смеси в сопряжении обычно на 0,1–0,2 ниже средней плотности остального полотна. Это обусловлено, в первую очередь, тем, что практически невозможно уплотнить не имеющую опоры кромку ранее уложенной (предыдущей) полосы. Недостаточное уплотнение именно этой сторо-

ны сопряжения влияет на уровень плотности, достигаемой в контакте с вновь укладываемой асфальтобетонной полосой (рис. 13.61 (цв.)).

Следует заметить, что в США иной подход к обеспечению продольного сопряжения полос в случае проведения работ с использованием одного асфальтоукладчика [77, 91]: примыкание второй (и последующих полос) осуществляют к срезанной под косым углом (для лучшего соединения и более безопасного проезда техники в процессе работ) уплотненной и остывшей (не обработанной) первой полосе. Считается, что это обеспечивает надежное соединение.

Параллельная (эшелонная) укладка полос или укладка сопряженными полосами

При эшелонной укладке полос (когда одновременно два и более асфальтоукладчика работают рядом) способ создания продольного соединения аналогичен способу продольного соединения «холодной» и «горячей» полос. В этом случае, также большое значение имеет величина перекрытия полос. Удерживающий щит работающего сзади асфальтоукладчика должен быть установлен так, чтобы неуплотненная асфальтобетонная полоса, устраиваемая первым асфальтоукладчиком, перекрывалась бы не более чем на 5 см. При этом удерживающий щит второго асфальтоукладчика должен быть установлен на том же уровне, на котором находится основание выглаживающей плиты первого асфальтоукладчика. Это необходимо для того, чтобы удерживающий щит второго асфальтоукладчика не захватывал и не тащил бы за собой смесь, уложенную первым (ведущим) асфальтоукладчиком.

При данном способе работы не следует (и не требуется) выполнять разравнивание смеси на сопряжении. Процесс укатки в данном случае имеет свои характерные особенности. Катки, которые уплотняют асфальтобетонное полотно, производимое первым асфальтоукладчиком, не должны приближаться более чем на 10–15 см к кромке полосы со стороны, где работает второй асфальтоукладчик. После того, как второй (ведомый) асфальтоукладчик уложит свою полосу внахлест на первую, катки, работающие на второй полосе, уплотнят продольное сопряжение с обеих сторон. Если перекрытие и укатка полос сделаны правильно, то обычно бывает очень трудно рассмотреть линию продольного сопряжения асфальтобетонных полос, уложенных посредством эшелонной укладки. Кроме того, эшелонная укладка позволяет получить асфальтобетонное полотно с равной плотностью по всей ширине покрытия.

При укладке асфальтобетонных смесей в два и более слоя продольные швы слоев следует смещать на 10–20 см, причем продольный шов на верхнем слое должен совпадать с осью дороги.

13.3. Температурный режим и число проходов

Сложность технологии укладки и уплотнения горячей смеси заключается в том, что качество устраиваемого слоя зависит от многих факторов: типа асфальтобетона и входящих в его состав материалов; применяемых машин; состояния основания и земляного полотна; погодно-климатических условий; организации работ; квалификации производителей работ.

В конечном итоге необходимо получить покрытие не только с высокой плотностью, но и с требуемыми эксплуатационными характеристиками. Высококачественного уплотнения покрытия можно добиться только в том случае, когда при организации процесса укладки и уплотнения будут соблюдаться температурный режим, очередность смены катков и требуемое количество их проходов.

Распределенная горячая асфальтобетонная смесь начинает достаточно быстро остывать, особенно при неблагоприятных погодных условиях. Потери тепла происходят вследствие теплообмена с основанием и испарения имеющейся в основании влаги, а также теплообмена поверхности смеси с воздухом и испарения воды, которая оказалась на покрытии в результате выпадения осадков.

Продолжительность остывания асфальтобетонной смеси после ее укладки зависит от толщины слоя, начальной температуры смеси и погодно-климатических условий. Чем тоньше слой, тем быстрее он остывает и тем меньше времени отводится для работы каждого катка в указанном интервале температур. На рисунке 13.62 показаны графики остывания асфальтобетонной смеси: а) – при температуре воздуха 10 °С, б) – при температуре воздуха 23–25 °С.

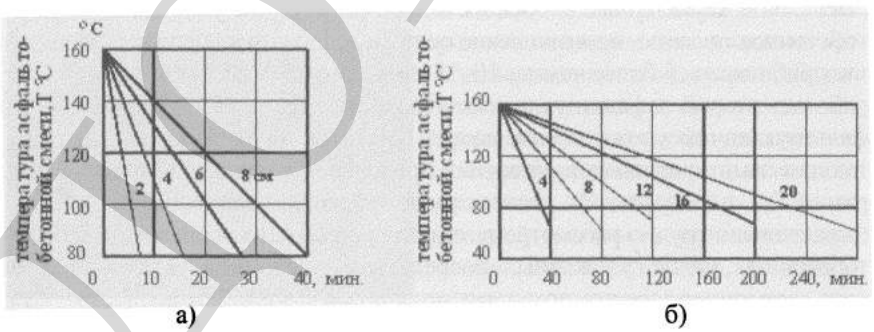


Рис. 13.62. Графики остывания асфальтобетонной смеси в слоях разной толщины:
а) при 10 °С; б) при 23–25°С.

Как было указано выше, начинать уплотнение следует как можно раньше – при той максимальной температуре, когда не образуются деформации укатки.

Чем выше температура начала укатки и ниже температура на конечном этапе, тем шире интервал времени, в течение которого можно осуществлять процесс уплотнения. Разделение катков по температурным интервалам обусловлено непрерывным возрастанием прочности и модуля деформации асфальтобетона по мере его остывания и уплотнения (табл. 13.8).

Таблица 13.8

Изменение прочности и модуля деформации в процессе распределения и уплотнения

Показатели асфальтобетона	Значение показателей при различной температуре, °С					
	150	140	120	100	80	60
Предел прочности при сжатии, МПа	0,2–0,3	0,4–0,5	0,7–0,9	1,0–1,3	1,6–2,0	2,5–3,3
Эквивалентный модуль деформации, МПа	3–5	9–12	18–23	28–32	40–60	70–100

Для обеспечения оптимального температурного режима при уплотнении горячих асфальтобетонных смесей рекомендуется начинать уплотнение при температурах, приведенных в таблице 13.9.

Есть мнение [53], что за счет совершенствования организации технологии и оптимизации зернового состава возможно допустить снижение температуры начала уплотнения. В таблице 13.10 приведены предлагаемые рациональные температурные интервалы с уточнением нижнего предела температуры, до которой уплотнение смеси целесообразно.

Если уплотняющие органы асфальтоукладчика не работают или малоэффективны, то укатку должен начинать легкий каток, причем при температуре не ниже 125–120 °С, а заканчивать – при температуре 110–105 °С. Средний каток наиболее эффективен при температуре укатки от 105 до 85 °С, а тяжелый – от 85 до 65–70°С. Увеличение содержания щебня и использование более вязкого битума ведет к росту жесткости смеси даже в горячем состоянии. Смесь становится менее удобоукладываемой, вследствие чего температуры начала и окончания уплотнения будут смещаться в большую сторону.

По результатам исследований процесса остывания смесей (рис. 13.62) были установлены исходные параметры технологии устройства покрытий из горячих асфальтобетонных смесей [57, 114] и, прежде всего, максимально возможное время, отводимое для работы каждой из машин, участвующих в операциях раскладки и уплотнения (табл. 13.11–13.13).

Таблица 13.9

Рекомендуемая температура смесей

Вид смеси	Марка битума	Температура смеси в начале уплотнения, °С для	
		высокоплотного, плотного асфальтобетона типов А и Б, пористого и высокопористого асфальтобетонов с содержанием щебня (гравия) более 40% массы	плотного асфальтобетона типов В, Г и Д, пористого и высокопористого асфальтобетонов с содержанием щебня (гравия) менее 40% массы и высокопористого песчаного
Горячая	БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130, БН 60/90, БН 90/130	120–160	100–130
	БНД 130/200, БНД 200/300, БН 130/200, БН 200/300	100–140	80–110
	СГ 130/200, МГ 130/200, МГО 130/200	70–100	

Примечание. При использовании смесей с ПАВ температуру снижают на 10–20 °С.

Таблица 13.10

Дифференцированные температуры уплотнения смесей для плотных асфальтобетонов

Тип асфальтобетона	Рациональные интервалы температуры уплотнения покрытия на этапах, °С					
	предварительном		основном		окончательном	
	начало	конец	начало	конец	начало	конец
А	140–145	120–125	120–125	95–100	95–100	80–85
Б	125–130	105–110	105–110	85–90	85–90	70–75
В	115–120	100–105	106–105	80–85	80–85	60–65
Г	125–130	105–110	105–110	85–90	85–90	70–75
Д	105–110	85–90	85–90	70–75	70–75	55–60

ЛОРЛАБ

Таблица 13.11

Распределение катков по температурным интервалам

Толщина слоя, см	Температура воздуха и основания, °С	Время остывания смеси от 140 до 55–70 °С, мин.	Среднее время работы, мин.			
			Укладчика (от 140 до 125–120 °С)	Легкого катка (от 125–120 до 110–105 °С)	Среднего катка (от 105 до 85 °С)	Тяжелого катка (от 85 до 70–55 °С)
3–4	1–3	15–17	1,5–2,0	1,5–2,0	5–6	7–8
3–4	12–14	28–30	2–3	3–4	8–9	13–15
3–4	23–25	40–43	3–4	5–7	11–13	18–20
6–8	1–3	33–35	3–4	4–6	9–11	16–18
6–8	12–14	48–50	4–6	8–9	15–17	20–22
6–8	23–25	60–64	6–8	10–12	18–20	24–27

Таблица 13.12

Влияние температуры воздуха и толщины укладываемого слоя на процесс остывания смеси

Толщина слоя асфальтобетона	Максимальное время укладки и уплотнения при скорости ветра не более 3–4 м/с и температуре воздуха, мин.*					
	0–2 °С	4–5 °С	8–10 °С	13–15 °С	18–20 °С	23–25 °С
3–4	13–15	16–18	19–21	22–24	25–27	30–32
5–6	18–22	24–27	28–30	32–35	37–40	42–45
8–10	43–46	52–58	63–68	71–77	80–90	95–110

* При скорости ветра 7–8 м/с указанное время уменьшается на 1/3, в солнечную безветренную погоду увеличивается на 1/3.

Таблица 13.13

Зависимость времени уплотнения смеси от условий работы

Факторы, влияющие на продолжительность уплотнения	Диапазон величин	Изменение времени уплотнения, %
Скорость ветра, км/ч	0–20	–26
Температура воздуха, °С	0–20	+19
Солнечная погода, °С	0±10*	+15
Толщина слоя, мм	35–45	+57
Температура укладываемой смеси, °С	140–160	+40
Минимальная температура уплотнения**, °С	100–90	+30

* Разница температур между поверхностью покрытия и воздухом.

** При температуре укладки 150 °С.

По зарубежным данным, при условии повышения температуры воздуха, солнечной погоды [111], увеличения толщины слоя, высокой начальной температуры смеси и более низкой конечной температуры уплотнения расширяется отрезок времени, в течение которого можно уплотнять смесь (табл. знак +), а при увеличении скорости ветра и скорости охлаждения смеси технологические условия ужесточаются, т.е. отрезок времени, в которое нужно уложить и уплотнить смесь, должно быть сокращено. Из данных, приведенных в таблицах, видно, что время распределения смеси и ее уплотнения в зависимости от толщины слоя и погодных условий может существенно изменяться.

Возникает вопрос, как построить технологию уплотнения и организовать работу всех машин, входящих в отряд по устройству покрытия, чтобы обеспечивать температурные интервалы работы катков разного веса, обязательное их чередование после выполнения необходимого числа проходов, непрерывность движения отряда катков вперед при челночной схеме работы и, наконец, обеспечить отсутствие заторов и помех при движении катков по уплотняемой полосе.

Первое – правильный расчет захватки. Это возможно только в том случае, если легкий, средний и тяжелый катки будут иметь для работы определенную длину захватки: lл, lс или lт, которую каждый каток должен уплотнить требуемым числом проходов за установленный отрезок времени и немедленно ее освободить для укатки следующим, более тяжелым катком (рис. 13.63).

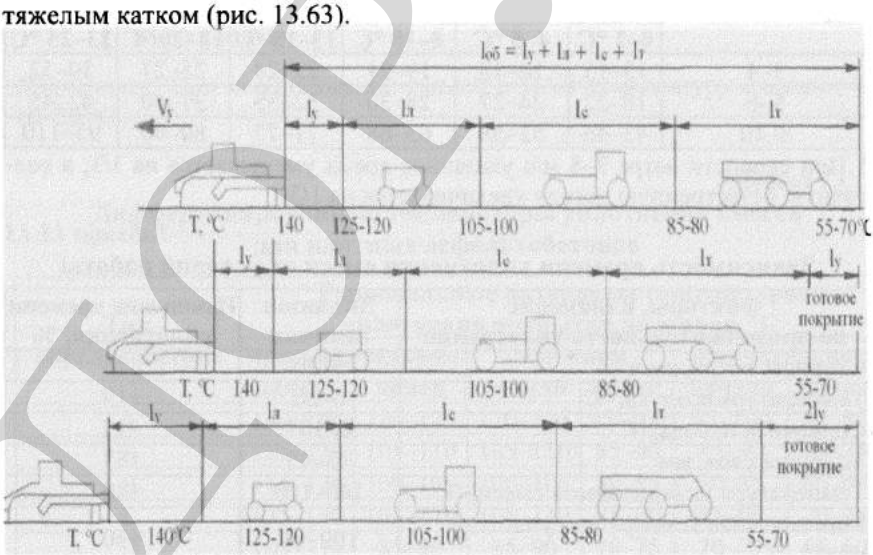


Рис. 13.63. Технологическая схема укладки и уплотнения асфальтобетонного покрытия.

ДОРЛАБ

При плохо работающих или совсем не работающих уплотняющих органах укладчика и при наличии в составе отряда легкого катка общее время уплотнения распределяется следующим образом: укладчик – 10%, легкий каток – 15%, средний каток – 30% и тяжелый каток – 45% Это затрудняет решение организационных и технологических задач производства работ [53].

Каждая из захваток (1л, lc, lт) легкого, среднего и тяжелого катка должна состоять из целого числа отрезков покрытия ly, проходимых укладчиком за время (остывания смеси) от момента ее укладки до начала укатки легким катком (средним или тяжелым).

После того, как укладчик подготовит полосу покрытия ly, сразу начинают ее уплотнение легким катком, затем уступают эту полосу для работы среднего катка. Средний и тяжелый катки, в свою очередь, также смещаются вперед на такую же величину, и в итоге за отрядом остается участок полностью уплотненного покрытия длиной L_y. (рис. 13.63).

Пока каждый из катков на своей захватке сделает n_o проходов по одному следу и $n_л$, n_c и $n_т$ по ширине, укладчик подготовит для уплотнения очередной участок покрытия L_y, и сдвижка всех катков вперед снова повторится.

При такой организации устройства покрытия соблюдается принцип непрерывности технологических операций при движении отряда машин вперед со скоростью перемещения укладчика и при челночной схеме работы катков в отведенном интервале температур смеси. В основу этого принципа положено равенство времени укладки смеси на полосе длиной L_y и ее уплотнения каждым катком за $n_{ол}$, $n_{ос}$ и $n_{от}$ проходов. Общая захватка работы всего отряда машин равна:

$$L_{общ} = V_y * t_{общ},$$

где V_y – средняя рабочая скорость укладчика;

$t_{общ}$ – время остывания смеси от начала ее укладки в покрытие до нижнего предела температуры укатки, например 55–70 °С.

Участок разбивается на ряд указанных захваток работы каждой машины. Длина этих захваток пропорциональна отрезкам времени работы машин, найденным из условия остывания асфальтобетона.

$$L_{общ} = l_y + l_л + l_c + l_т = l_y (I + \alpha + \beta + j) =$$
$$l_y (10\% + 15\% + 30\% + 45\%)$$

Отрезки времени работы катков всегда можно назначить так, чтобы они содержали целое число отрезков времени работы укладчика и в сумме не превышали общего времени укладки и уплотнения смеси, т.е.

$$t_{общ} = t_у + t_л + t_с + t_т = t_у (I + \alpha + \beta + j);$$
$$t_у (10\% + 15\% + 30\% + 45\%),$$

где $t_у$, $t_л$, $t_с$, $t_т$ – время работы на захватке укладчика, легкого, среднего и тяжелого катков.

Например, при устройстве покрытия толщиной 3–4 см, температуре воздуха и основания 23–25 °С (см. рис. 13.62б), время работы укладчика $t_у$ можно принять равным трем (или четырем минутам). В этом случае время уплотнения составит:

$$t_л = 6\ (\alpha = 2),\ t_с = 12\ (\beta = 4),\ t_т = 18\ (j = 6)\ и\ t_{общ} = 39\ мин.$$

Длина захваток для отряда и отдельных машин определяется временем их работы на захватке и средней рабочей скоростью, которая у старых моделей находится в пределах 1,5–1,7 м/мин., у новых – диапазон шире, но чаще используется скорость в пределах 2–7 м/мин.

С другой стороны, длина рабочей захватки любого катка равна:

$$Lк = \frac{V_к * t_к}{n_о * b_к},$$

где $V_к$ – средняя скорость катка на захватке;

$t_к$ – время, отводимое по условию остывания асфальтобетона – время работы катка на захватке;

$n_о$– необходимое число проходов катка по одному следу;

$b_к$– целое число полос по ширине покрытия, уплотняемых катком = например, 1, 2, 3, которое можно найти с учетом перекрытия по формуле:

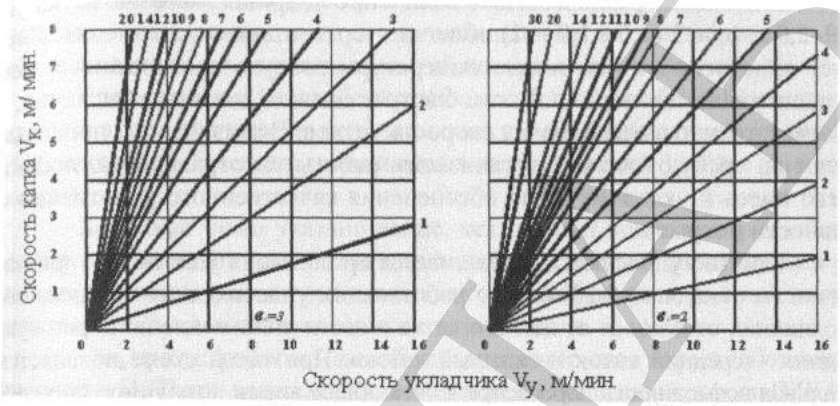
$$\frac{B}{b} = (1{,}1 \div 1{,}3)\ \cdot$$

Из равенства длины захваток, определенных в зависимости от скорости укладчика и катка, получается вполне определенная технологическая зависимость рабочих параметров катка от скорости укладчика (рис. 13.64):

$$V_к = V_у * n_о * b_к.$$

Тогда длина рабочей захватки любого катка определяется скоростью укладчика и временем, в течение которого данный каток может производить укатку до нижней (для него) границы температуры.

$$L_к = v_у * t_к.$$



а) б)

Рис. 13.64. Зависимость скорости и числа проходов катка от скорости укладчика (цифры на кривых – число проходов катка): а) при $в_к = 3$; б) при $в_к = 2$.

Наиболее ответственным моментом в правильной организации и технологии уплотнения асфальтобетона следует считать выбор скорости передвижения $V_у$ и длины рабочей захватки $l_у$ асфальтоукладчика. Здесь нужно исходить из следующего. Во-первых, максимальная скорость укладчика $V_у$ назначается исходя из требуемой производительности строительства и возможности обеспечения укладчика смесью, а минимальная $l_у$ выбирается такой, чтобы длина рабочей захватки легкого, среднего и тяжелого катков была (по условию разгона и торможения) не менее трех-пяти длин самих катков. Так, минимальная длина захватки (зоны укатки) среднего тандемного катка (из условий безопасности работы) – не менее 13–15 м (рис. 13.65 (цв.)).

У современных укладчиков скорость $V_у$ назначается еще и с учетом достижения максимального предварительного уплотнения смеси. Во-вторых, скорость укладчика должна соответствовать возможной скорости катков и требуемому числу проходов по одному следу.

Если катки не будут успевать за укладчиком и вынуждены делать меньшее число проходов или вести уплотнение покрытия, остывшего ниже нормы, можно увеличить общее количество катков, но не более чем на одну машину, иначе на полосе покрытия возникнут заторы и помехи, особенно на коротких захватках.

Если ширина уплотнения гладковальцовых катков составляет 1,2–1,4 м, то при ширине полосы 3,5 м $b_к = 3$ (3,5 : 1,2 = 3). При сопоставлении возможностей укладчиков и катков (скорость, ширина) оказывается, что слои толщиной 3–4 см при температуре воздуха и основания 1–3 °С требуют условий (скорость, длина захватки), которые практически невозможно реализовать. Увеличение ширины вальцов катка до 1,9–2,0 м $b_к = 2$ (3,5 : 1,9 = 2) облегчает организацию уплотнения. Следует заметить, что чем ниже температуры воздуха и основания и чем тоньше укладываемый слой, тем быстрее должен двигаться укладчик, а соответственно выше рабочая скорость катков. В связи с этим погодные условия, требуют четкой организации работы автотранспорта, подающего смесь к укладчику, для обеспечения качественного уплотнения и ровности покрытия.

Заметно упрощается и облегчается организация уплотнения при наличии на укладчике эффективно работающих уплотняющих органов, позволяющих отказаться от легкого катка и вести уплотнение по схеме «укладчик – средний каток – тяжелый каток». При такой схеме появляется реальная возможность перераспределять общее время, отводимое по условию остывания смеси на укладку и уплотнение покрытия, следующим образом: укладчик – 25%, средний каток – 25%, тяжелый каток – 50%.

При обеспечении предварительного уплотнения как минимум до 0,90–0,92 за счет работы уплотняющих органов укладчика начинать уплотнение можно средним катком при температуре смеси около 105–110 °С, что является предпосылкой высокой степени уплотнения [53].

Определение требуемого числа проходов катков по одному следу

Плотность асфальтобетонных смесей различных составов можно обеспечить определенным количеством проходов катков определенного типа и массы.

При использовании современных асфальтоукладчиков с трамбующим брусом и виброплитой рекомендуется уплотнять:

– смеси для высокоплотного и плотного асфальтобетона типов А и Б, а также для пористого и высокопористого асфальтобетона с содержанием щебня свыше 40% – или сначала катком на пневматических шинах массой 16 т, или вибрационным катком массой 6–8 т, или гладковальцовым катком 10–13 т (4–6 проходов), а затем – гладковальцовым катком массой 11–18 т (4–6 проходов);

– смеси для плотного асфальтобетона типов В, Г и Д, а также для высокопористого песчаного, пористого и высокопористого с содержанием щебня менее 40% – сначала гладковальцовым катком массой 6–8 т

или вибрационным катком 6–8 т с выключенным вибратором (2–3 прохода), а затем – гладковальцовым катком массой 10–13 т (6–8 проходов), катком на пневматических шинах массой 16 т или вибрационным катком 6–8 т с включенным вибратором (4–6 проходов) и окончательно – гладковальцовым катком массой 11–18 т (4 прохода).

Уплотнение многощебенистых смесей типа А сначала катками на пневматических шинах, а затем гладковальцовым катком массой 11–18 т обеспечивает получение шероховатой поверхности покрытия

Уплотнение асфальтобетонных смесей толщиной 10–18 см следует выполнять сначала самоходным катком на пневматических шинах (6–8 проходов), затем гладковальцовым катком массой 11–18 т (4–6 проходов).

Хотя, как было указано выше, технически возможно устройство слоев толщиной 20 см и более одним слоем, однако в ряде случаев условия дорожных работ показывают, что укладку и уплотнение смеси в некоторых случаях следует производить в 2 слоя.

Так, при устройстве нижней части нижнего слоя асфальтобетонного покрытия [107] при реконструкции Московской кольцевой дороги (МКАД) толщиной 12 см из пористой асфальтобетонной смеси уплотнение осуществляли следующим образом: пневмоколесные и комбинированные катки (после прогрева шин во время уплотнения начального участка гладковальцовыми катками 8–10 т) – не менее 6–8 проходов по одному следу (причем первые 3–4 прохода катки комбинированного действия осуществляют без вибрации), затем с вибрацией – не менее 6–8 проходов, причем первые 3–4 прохода с вибрацией 30–35 Гц и максимальной амплитудой на скорости 2 км/ч, а последующие – с вибрацией 40–50 Гц и минимальной амплитудой с увеличением скорости движения до 4 км/ч [107].

При температурах воздуха до минус 10°С увеличивают долю проходов тяжелых катков и ведут уплотнение в интервале от 150 до 70 °С [26].

При уплотнении за каждым асфальтоукладчиком должны работать сразу два гладковальцовых (тандемных) катка по схеме «бок о бок», за которыми по той же схеме работают два пневмоколесных катка, пригруженных до максимальной массы (20–24 т), с давлением в шинах до 0,8 МПа. Вместо гладковальцовых катков могут быть использованы катки комбинированного действия.

После первого двойного прохода катки должны сместиться таким образом, чтобы при втором проходе была полностью охвачена вся ширина уплотняемой полосы.

Первые 2–4 прохода гладковальцовые катки должны совершать в статическом режиме, последующие 10–12 проходов – с вибрацией 45 Гц и минимальной амплитудой. Вибрационные проходы должны выполняться при движении катков как вперед, так и назад.

Каждый каток должен выполнить 12–16 проходов по одному следу.

Скорость движения гладковальцового катка в статическом режиме должна быть в пределах 2–3 км/ч, вибрационном – 3–4 км/ч, катка комбинированного действия в статическом режиме 3–4 км/ч, вибрационном – 5–6 км/ч, пневмоколесного – 6–11 км/ч.

Захватки для уплотнения при минусовой температуре должны быть не более 30 м.

Уплотнение смесей на полимерно-битумных вяжущих производится в температурном интервале 130–80 °С, захватками не менее 25 м и не более 50 м по одному из двух вариантов:

1-й вариант – сначала за 1–2 прохода осуществляют «прикатку» смеси гладковальцовым катком массой 9–11 т без вибрации, затем уплотняют смесь катками комбинированного действия массой 9–10 т (пневмошинами вперед). Первые 3–4 прохода осуществляются с включенной вибрацией 30–40 Гц и максимальной амплитудой, а 6–8 последующих – без вибрации. Для выравнивания покрытия необходимо осуществлять 2–3 прохода гладковальцовым катком.

При использовании асфальтоукладчиков, оснащенных брусом высокого уплотнения, количество проходов катков можно сократить в 1,5 раза.

2-й вариант – сначала гладковальцовым катком массой 7–10 т производят «прикатку» смеси за 1–2 прохода без вибрации, затем уплотняют смесь пневмоколесными катками массой 9–13 т. После первого прохода пневмокатка по этому же следу осуществляют проход гладковальцового катка массой 7–10 т с вибрацией 30–40 Гц и максимальной амплитудой. Пневмоколесные и гладковальцовые катки должны совершить 6–8 проходов по одному следу каждый. Завершающие 3–4 прохода гладковальцового катка совершают при вибрации 45–50 Гц.

В любом случае для обеспечения грамотного проведения работ по укладке и уплотнению асфальтобетонных смесей необходима привязка рекомендаций к конкретным условиям, для чего должен быть разработан технологический регламент, в котором, в частности, следует указать вид и тип укладываемой смеси, режимы работы асфальтоукладчиков, состав отряда катков и количество проходов по ширине и по одному следу. На рис. 13.66 (цв.) приведен пример уточнения количества проходов катка по одному следу в процессе пробной укатки. Для этого целесообразно использовать неразрушающие методы контроля по мере уплотнения слоя, коррелируемые со стандартными методами.

При уплотнении необходимо соблюдать следующие правила [108].

1. Уплотнение начинать как можно раньше. Это правило действительно и при использовании катков легких или средней массы, следующих непосредственно за асфальтоукладчиком (при этом не должна

нарушаться созданная им ровность), и тяжелых катков. Как правило, каток должен держаться как можно ближе к укладчику. При всех схемах укатки необходимо сохранять постоянную длину захватки (зоны укатки). Для этого используют вехи и конуса.

2. Во избежание образования волн каток должен двигаться параллельно оси дороги. Как правило, запрещается его движение под углом к ней.

3. На участках улиц и дорог с продольным уклоном более 30% – уплотнение производить снизу вверх.

4. При устройстве покрытий с односкатным профилем (значительный поперечный уклон) уплотнение начинают снизу вверх.

5. При первых проходах гладковальцовых катков во избежание образования волн и трещин следует двигаться ведущими вальцами вперед. Исключение составляет условие работ п. 3: на участках с большим продольным уклоном при движении потока вверх ведущий валец должен быть сзади, (при использовании современных катков с обоими ведущими вальцами этой проблемы не существует).

6. Во время уплотнения катки должны быть в непрерывном и равномерном движении.

7. Запрещается останавливать катки или резко менять направление движения на неуплотненном и неостывшем слое.

8. Переезд катка с одной полосы на другую должен осуществляться только на ранее уплотненной захватке.

9. Виброуплотнение проводить только в процессе движения катка. Включать и отключать вибрацию необходимо за пределами уплотняемой полосы на двигающемся катке.

10. На площадях и перекрестках улиц уплотнение следует производить по взаимно перпендикулярным направлениям или по диагонали.

11. Перед уплотнением вальцы катков необходимо смачивать (водой, водным 1-процентным раствором отходов мыловаренной промышленности или смесью воды с керосином 1:1), пневмомашины необходимо прогревать во избежание налипания на них смеси (рис. 13.67).

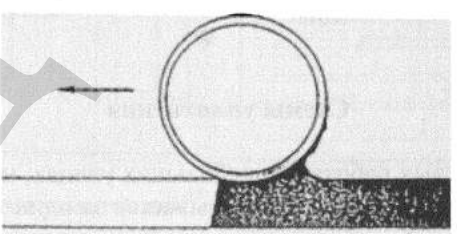


Рис. 13.67. Налипание смеси на вальцы в процессе уплотнения.

12. Для исключения образования волны каждый последующий след катка должен быть смещен в направлении уплотнения относительно предыдущего на величину, примерно равную диаметру вальца или пневмоколес (рис. 13.68).

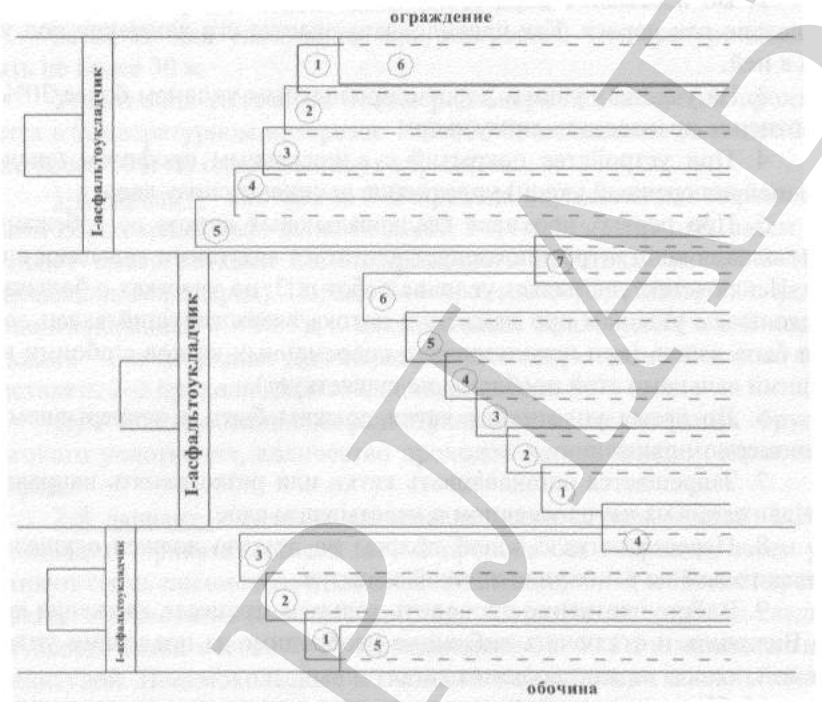


Рис. 13.68. Уплотнение трех смежных полос, укладываемых одновременно тремя укладчиками:
1–7 – проходы катка (пронумерованы только проходы вперед).

Главная цель завершения уплотнения – это обеспечить требуемую плотность смеси по толщине слоя и устранить следы от катка и другие поверхностные изъяны.

Схемы уплотнения

При ремонтных работах на небольших улицах, местных проездах, когда ширина проезжей части перекрывается за один проход асфальтоукладчика, при наличии бокового упора, если установлен бортовой камень (или есть краевая полоса), уплотнение начинают непосредственно

от краев к середине (рис. 13.69). Каток всегда должен возвращаться по той же полосе на уже остывший участок покрытия и только там производить маневрирование (рис. 13.70 (цв.)).

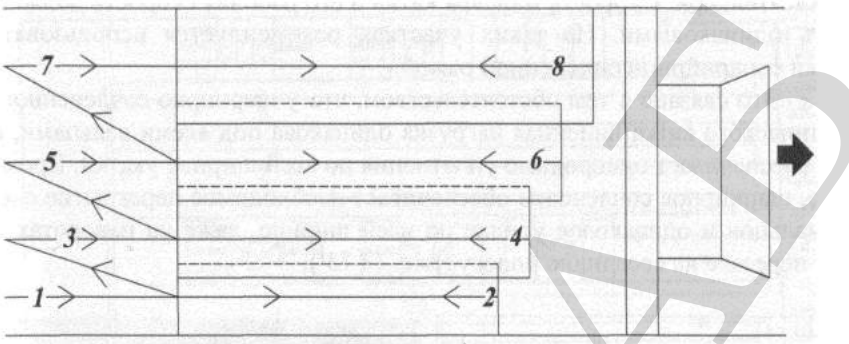


Рис. 13.69. Схема уплотнения при наличии бокового упора.

При отсутствии бокового упора, тем более при укладке подвижной смеси или слоя небольшой толщины с каждой стороны оставляют неуплотненными края не менее 15–25 см, чтобы не подвергать деформации еще горячую неуплотненную смесь (рис. 13.71). Эти края уплотняют после первого прохода по всей ширине укладываемой полосы. Лучше всего эти участки уплотнять катком, оборудованным специальным устройством для уплотнения кромок, или пневмокатком.

При ступенчатом движении асфальтоукладчика в процессе укладки уплотнение смеси выполняют, начиная с внешнего края к середине, полосу вокруг сопряжения шириной 20–30 см оставляют неуплотненной. Ее уплотняют на заключительном этапе, чтобы достичь соединения обеих полос укладки (рис. 13.72).

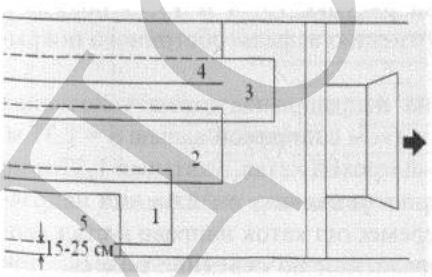


Рис. 13.71. Схема уплотнения при опасности деформации сбоку.

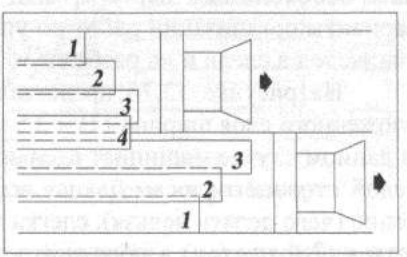


Рис. 13.72. Схема уплотнения при укладке смеси укладчиком, двигающимся ступенчато.

АОРТАД

Уплотнение участка на повороте улицы или дороги нужно начинать с вогнутой стороны кривой и двигаться как можно дальше по прямой (рис. 13.73), на уже укатанном участке следует перемещать каток по касательной. Скорость маневра катка и его рабочая скорость должны быть одинаковыми. На таких участках рекомендуется использовать катки с шарнирно-сочлененной рамой.

Это связано с тем обстоятельством, что у шарнирно-сочлененного статического катка линейная нагрузка одинакова под всеми вальцами, и это обеспечивает однородные уплотнения по всей ширине укатки. Кроме того, шарнирное сочленение обеспечивает необходимое перекрытие следа вальцов и одинаковое усилие по всей ширине, даже на поворотах и при переезде на соседнюю полосу (рис. 13.73').

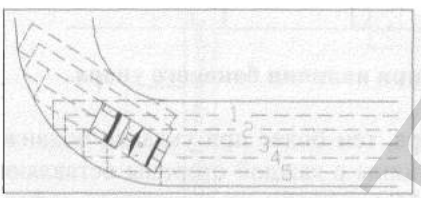


Рис. 13.73. Схема уплотнения на участке поворота дороги.

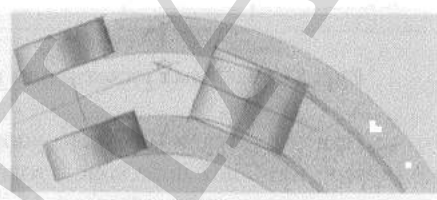


Рис. 13.73'. Использование шарнирно-сочлененного катка.

В любом случае укатку производят с перекрытием (по ширине полосы уплотнения) на 20–30 см. При этом нужно следить за тем, чтобы каждая полоса уплотнения была обработана катком практически одинаковое количество раз для обеспечения равных плотности и прочности асфальтобетона по ширине проезжей части. При назначении схемы уплотнения нужно грамотно сочетать ширину укладки, ширину вальца катка и требуемое количество проходов катка по ширине полотна с необходимым перекрытием. На рисунке 13.74 и 13.75 показаны варианты организации работ по уплотнению асфальтобетонного покрытия: «след в след» и «в разбежку».

На рисунке 13.76 представлена неправильная схема уплотнения уложенного слоя шириной В = 3,5 м катком с шириной вальца б = 1,37 м. В данном случае машинист сделал 1-й проход катка, укатывая 1,37 м по левой стороне полосы. Догнав асфальтоукладчик, он изменил направление (чего делать нельзя), слегка переместил каток направо и стал двигаться (2-й проход) в обратном направлении по середине полосы, при этом с каждой стороны оставалось расстояние до краев по 1,06 м. Третий проход он выполнил опять вперед (в сторону укладчика) впритык к правому краю полосы. Четвертый проход (назад) был выполнен снова по середине полосы и последний пятый проход (вперед) – аналогично

четвертому. В результате мы видим неправильное и неэффективное использование катка (лишние проходы 4-й и 5-й приведут к большей степени плотности в средней части полосы).

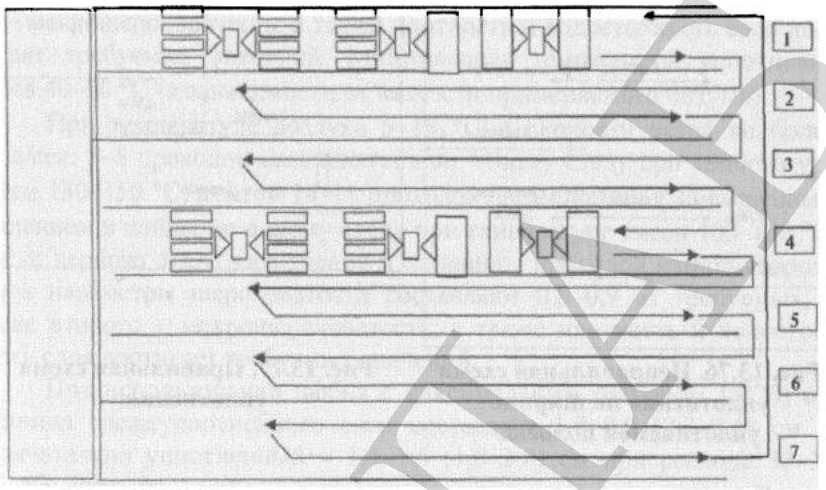


Рис. 13. 74. Уплотнение покрытия по схеме «след в след».

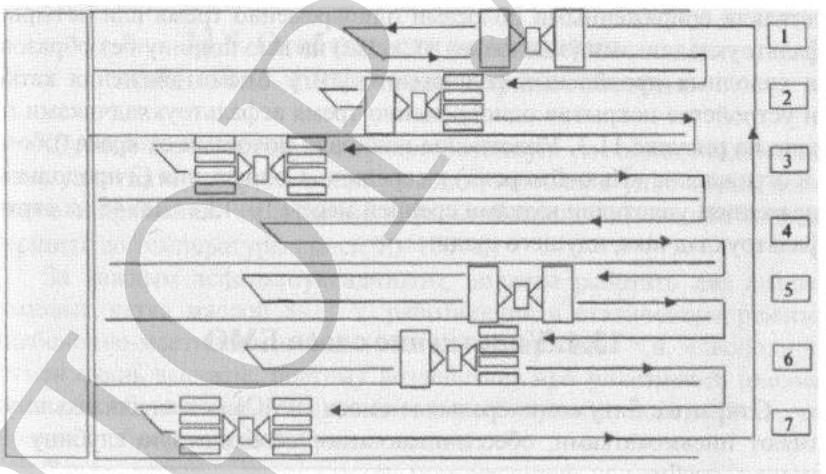


Рис. 13.75. Уплотнение покрытия по схеме «в разбежку».

На рисунке 13.77 представлена правильная схема уплотнения, когда при ширине полосы 3,5 м и ширине вальца 1,37 м сделаны по полосе 3 прохода (с маневрированием за пределами захватки) с перекрытием каждого предыдущего прохода катка (в направлении вперед), равным 30 см.

ПОЛПАД

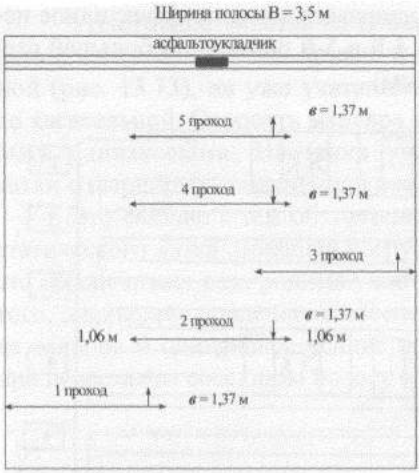


Рис. 13.76. Неправильная схема уплотнения по ширине уплотняемой полосы.

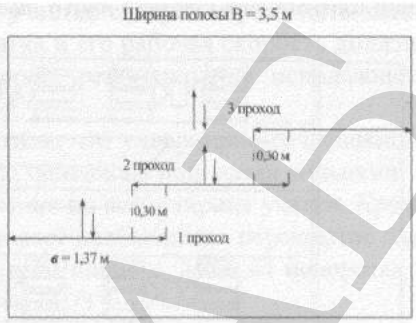


Рис. 13.77. Правильная схема уплотнения.

В качестве примера рассмотрим схему уплотнения верхнего слоя покрытия шириной 22,5 м при реконструкции МКАД. Устройство осуществляли сопряженными полосами одновременно тремя или четырьмя асфальтоукладчиками (эшелонная укладка) на всю ширину без образования холодных продольных сопряжений [107]. Схема движения катков при устройстве покрытия одновременно тремя асфальтоукладчиками показано на рисунке 11.3. Уплотнение начинали полосами от краев (обочина и ограждение «Нью-Джерси») к середине. Сопряжения (2 продольных сопряжения) уплотняли катками средней массы 10–13 т ДУ-48 из отряда асфальтоукладчика, идущего сзади.

13.4. Уплотнение слоев БМО

Открытые битумоминеральные смеси (БМО) незамедлительно уплотняют пневмокатками, обеспечивающими необходимую глубину уплотнения, требуемую шероховатость поверхности, а также снижающие дробимость щебня при уплотнении. Порядок уплотнения следующий:

При температуре воздуха не ниже 5 °С и скорости ветра не более 5 м/сек: 10–14 проходов пневмокатков по одному следу при температуре смеси 120–140 °С (меньшее число проходов относится к смеси пластичной консистенции, большее – к смесям сыпучей консистенции), а затем 6–10 проходов пневмокатка с повышенным давлением в шинах

по одному следу при температуре смеси 90–120 °С (меньшее число проходов относится к смеси пластичной консистенции, большее – к смесям сыпучей консистенции). После первого этапа уплотнения параметры шероховатости составляют 0,8–0,9 от требуемых, а после второго – макрошероховатость, а также плотность и водостойкость слоя достигает требуемых значений. Минимальная температура уплотнения слоев 40–50 °С (в зависимости от вязкости применяемого битума).

При температуре воздуха 5–15 °С и скорости ветра не более 10 м/сек: 5–8 проходов пневмокатков по одному следу при температуре смеси 130–150 °С, а затем 14–18 проходов пневмокатков с повышенным давлением в шинах по одному следу при температуре смеси 100–130 °С. После первого этапа уплотнения и половины проходов катков второго этапа параметры шероховатости составляют 0,8–0,9 от требуемых, а после второго – макрошероховатость, а также плотность и водостойкость слоя достигает требуемых значений.

При использовании щебня с максимальным размером 15(20) мм толщина свежеуплотненного слоя составляет 1,8–2,0 (2,3–2,5) см, а окончательно уплотненный – 1,4–1,5 (1,8–2,0) см при расходе 33–35 (45–52) кг/кв. м.

13.5. Особенности уплотнения щебеночно-мастичного асфальтобетона

Щебеночно-мастичную асфальтобетонную смесь необходимо начинать уплотнять сразу же после укладки, начиная с уплотнения поперечного сопряжения. Уплотнение асфальтобетонной смеси необходимо завершить до температуры смеси 90–100 °С.

За каждым асфальтоукладчиком, должны работать два гладковальцовых катка массой 8–11 т, работающие в статическом режиме. В щебеночно-мастичном асфальтобетоне содержание т.н. «свободного битума» очень высокое, поэтому воздействие при уплотнении пневмокатков способствует «вытягиванию» этого битума на поверхность, что приводит к образованию битумных пятен.

В процессе уплотнения катки как можно ближе должны подходить к асфальтоукладчику. Расстояние между катками должно составлять 2–3 м. При этом необходимо исключить резкое торможение и реверс при движении катков.

Первые 4–5 проходов катки должны выполнять на скорости 2–3 км/час, а последующие на скорости 5–6 км/час. Общее количество проходов – 6–8.

Длина захватки уплотнения (т.е. длина участка, на котором уплотнение должно быть завершено до остывания смеси не ниже 90–100 °С.) должно составлять 50–60 м при температуре окружающего воздуха 20 °С и более и 30–40 м при температуре 10 °С.

Во время уплотнения смеси катки должны быть в непрерывном и равномерном движении. Запрещается останавливать катки на неуплотненном и неостывшем слое. Для исключения образования волны каждый последующий след катка должен быть дальше предыдущего в направлении укатки на величину диаметра вальца.

13.6. Возможные дефекты, причины их возникновения и способы устранения

Дефекты, возникающие в процессе устройства асфальтобетонных слоев, можно разделить на две основные категории:

– дефекты, связанные с техническим состоянием, регулировкой и технологией применения оборудования;

– дефекты, связанные с состоянием асфальтобетонной смеси во время ее укладки.

В настоящем разделе рассмотрены различные типы дефектов покрытия, причем сначала дается подробное их описание, затем определяются причины их возникновения и, далее, предлагаются решения по устранению дефектов и прогнозируется их влияние на эксплуатационные характеристики дороги.

В таблице 13.14 приведены все возможные дефекты асфальтобетонных покрытий, возникающие в процессе устройства покрытий. В ней перечислены типы характерных дефектов асфальтобетонного покрытия, а также указаны возможные причины их возникновения.

Если причиной дефекта является асфальтобетонная смесь, то для его устранения вносят определенные изменения в процесс приготовления, хранения и транспортирования смеси. В таблице 13.14 также перечислены проблемы, возникающие в результате взаимодействия нескольких причин, т.е. они могут быть одновременно связаны и с оборудованием, и с состоянием смеси.

На поверхности асфальтобетонного покрытия могут появляться волнообразные неровности двух типов: короткие и длинные. Короткие волны в общем случае отстоят друг от друга на расстоянии от 30 см до 90 см, наиболее часто от 45 см до 60 см. Длинные волны отстоят друг от друга на гораздо большее расстояние и могут появляться с периодичностью подачи самосвалов к асфальтоукладчику. Появление длинных волн также может быть обусловлено резким изменением направления движения катка, особенно при уплотнении толстых слоев.

Таблица 13.14

Возможные дефекты асфальтобетонных покрытий в процессе устройства

Причины возникновения*	Виды дефектов																
	Короткие волны	Длинные волны	Разрыв на всю ширину	Разрыв в середине	Разрыв по краям	Неоднородная текстура	Следы от выглаживания плиты	Плита не реагирует на регулирование	«Поверхностные тени»	Недостат. предв. уплотн.	Некачеств. поперечн. шов	Некачеств. продольн. шов	Попереч. растрескивание	Сдвиг под воздейст. катка	"Жирные" пятна на поверх.»	Следы катка	Недостат. уплот. смеси
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1. Низкая температура смеси			+	+	+	+		+		+	+	+					+
2. Вариация температуры смеси	+	+	+			+		+					+	+	+	+	+
3. Смесь содержит влагу			+										+	+	+		+
4. Расслоение смеси	+	+	+			+			+								
5. Неоптимальное содержание битума	+		+			+			+				+	+	+		+
6. Неоптимальный зерновой состав	+		+			+			+				+	+	+		+
7. Остановка катка на горячем покрытии		–														–	–

ДОРЗИЗ

Продолжение таблицы 13.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
8. Быстрое изменение направления движения катка		–												–		–	–
9. Неправильный процесс укатки	–										–	–	–	–		–	–
10. Некачественная подготовка основания	–	–				–				–			–	–		–	–
11. Неправильное взаимодействие асфальтоукладчика с самосвалами		–					–										
12. Самосвал толкает асфальтоукладчик		–					–										
13. Несоответствие толщины слоя крупности материала			–			–		–		–							
14. Дефект выполнения перекрытия сопряжения											–	–					
15. Простой оборудования из-за задержки подачи смеси		–				–											
16. Неправильная настройка продольного уклона	–	–															
17. Щуп датчика продольного уклона «подпрыгивает»	–										–						
18. Неправильная настройка контроля продольного уклона	–										–						
19. Неправильно смонтирован контрольный уровень продольного уклона	–	–						–			–						
20. Вибрация малой частоты						–				–							
21. Неправильно установлены уширители					–	–											
22. Короткие стартовые колодки												–					
23. Неправильная установка створок питателя												–					
24. Ролики толкателя изношены, неправильно установлены				–													
25. Неправильная установка створок питателя		–		–	–												
26. Пустой бункер при подъезде самосвала		–			–												
27. Низко установлена кромка отражающего щита					–												
28. Не прогрета выглаживающая плита			-	-	–	–											
29. Неплотно закрыты опорные пластины плиты к каркасу	–					–		–				–					

Окончание таблицы 13.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
30. Износ, коробление опорных пластин			–	–	–	–											
31. Цилиндры подъема плиты не установлены в плавающем положении	–	–				–		–		–	–	–					
32. Люфты в соединениях плиты	–	–					–	–				–					
33. Неправильное регулирование механизма контроля толщины		–									–						
34. Малый радиус закругления передней части плиты				–													
35. Увеличенный радиус закругления передней части плиты						–											
36. Большая скорость асфальтоукладчика	–		–			–		–		–							
37. Перегружен шнек питателя	–	–				–			–		–	–					
38. Нестабильное давления смеси	–	–				–					–						

Примечание. Знаком «–» помечены дефекты, связанные с состоянием оборудования и технологическими режимами укладки и уплотнения смеси, а знаком «+» – дефекты, обусловленные характеристиками смеси.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГТУ им. П.О. Сухого

13.6.1. Поверхностные волны

Волнистая поверхность асфальтобетонного покрытия может иметь внешний вид, напоминающий стиральную доску. Обычно это является результатом нарушения режима работы виброкатка. Расстояние между волнами на такой поверхности, как правило, очень небольшое – обычно менее 7 см или 10 см.

13.6.2. Короткие волны

Основной причиной появления коротких волн на асфальтобетонной поверхности является неравномерное давление смеси на выглаживающую плиту. В результате неравномерной подачи материала пластинчатыми конвейерами к шнековым питателям выглаживающая плита то поднимается, то опускается под воздействием меняющегося давления смеси. Если смесь подается в шнековую камеру периодически то в избыточном (шнеки полностью закрыты), то в недостаточном количестве (видна нижняя часть лопастей шнека), соответственно будет меняться давление на выглаживающую плиту и вследствие этого формироваться волнистый слой.

Другой причиной появления коротких волн может быть изношенность шарнирных сочленений выглаживающей плиты, например, повышенный люфт в механизме регулировки положения плиты. Помимо этого, короткие волны могут быть обусловлены дефектом монтажа или настройки чувствительности датчика автоматического контроля продольного уклона, а также контроля нарушения в выборе уровня продольного уклона. Причина может также быть связана с использованием подвижного контрольного уровня (типа «плавающая балка»), который «подпрыгивает» при движении асфальтоукладчика, или тем, что самосвал стоит на тормозе в то время, когда асфальтоукладчик толкает самосвал.

Короткие волны могут быть также вызваны нестабильным составом смеси, особенно, если жесткость смеси варьируется из-за изменений ее температуры. При изменении жесткости смеси соответственно меняются и силы, действующие на выглаживающую плиту, в результате чего плита то приподнимается, то опускается, формируя при этом волнистую поверхность. И, наконец, если при приготовлении смеси нарушены зерновой состав, содержание битума, температура смеси и/или содержание влаги, то катки будут смещать или сдвигать такую смесь в процессе уплотнения. Однако наиболее часто короткие волны на асфальтобетонном покрытии появляются не в процессе уплотнения, а в результате нарушения работы асфальтоукладчика или изменяющейся жесткости асфальтобетонной смеси.

13.6.3. Длинные волны

Длинные волны могут появляться на асфальтобетонном покрытии по тем же причинам, что и короткие. Например, изменение количества смеси, подаваемого к выглаживающей плите, или подача смеси с изменяющейся жесткостью приводят к изменению давления на выглаживающую плиту, в результате чего она создает «волну» в формируемом покрытии. Если появление очередной длинной волны можно соотнести с разгрузкой следующего самосвала, то причиной волны может быть нарушение в установке заслонки питателя асфальтоукладчика в загрузочном бункере или полное освобождение загрузочного бункера и пластинчатого конвейера к моменту разгрузки очередного самосвала. Кроме того, причиной появления длинных волн могут быть неудовлетворительное техническое состояние и нарушения в работе выглаживающей плиты (например, в результате частой ручной регулировки толщины слоя), а также неточно смонтированные устройства автоматического контроля продольного уклона. Длинная волна может появляться и в случае использования для контроля уровня продольного уклона струны, имеющей провисание между опорами. Нарушения в работе самосвалов также являются одной из причин возникновения длинных волн, например, если самосвал давит кузовом на загрузочный бункер или если самосвал стоит на тормозе, когда асфальтоукладчик толкает самосвал.

Причиной также может быть волнообразная поверхность, повторяющая состояние нижележащего слоя, на который производится укладка нового покрытия. Длинные волны могут появиться в тех местах, где было недостаточное предварительное уплотнение асфальтоукладчиком, а масса уплотняющего катка велика или он работает под углом к направлению укладки. Дефекты могут возникать при уплотнении асфальтобетонных слоев толщиной более 10 см из песчаных смесей или если в случае применения такой щебеночной смеси, в которой максимальный размер частиц относительно мал в сравнении с толщиной слоя. В этом случае появление длинной волны на поверхности обусловлено ядром уплотнения, создаваемым впереди катка.

Длинные волны, причиной появления которых является качество смеси, могут возникать вследствие расслоения смеси, проявляющегося при каждой новой загрузке асфальтоукладчика очередным самосвалом, или вследствие высокой температуры смеси. В результате этих причин силы, действующие на выглаживающую плиту, меняются и выглаживающая плита формирует волнистую поверхность. Уплотняющее оборудование также может создавать волнистую поверхность, в случае, если оператор катка будет резко поворачивать каток или резко менять направление движения на противоположное.

Такие волны могут быть связаны с применением статических гладковальцовых катков с малым диаметром D вальца при движении ведомым вальцом вперед (рис. 13.77).

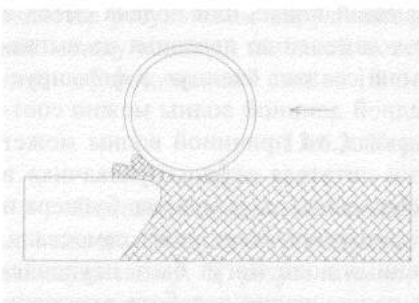


Рис. 13.77. Образование волны при уплотнении гладковальцовым катком с малым диаметром вальца.

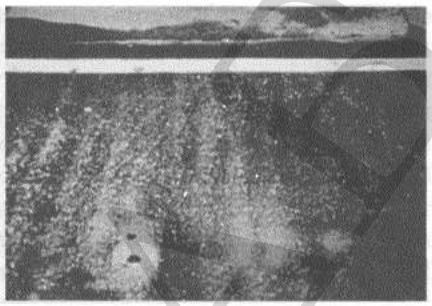


Рис. 13.78. Волнистая поверхность типа «стиральной доски».

Неровный внешний вид асфальтобетонного покрытия, напоминающий стиральную доску, обычно обусловлен нарушением в работе виброкатка. Данный тип уплотняющего оборудования следует применять с максимально возможной частотой вибрации и амплитудой, выбранной соответственно толщине уплотняемого слоя. Обычно для более толстых слоев применяют большую амплитуду, а для тонких – малую. Дефект «стиральной доски» (рис. 13.78) проявляется в большей мере, если каток производит уплотнение на высокой скорости при частоте вибрации менее 2400 оборотов в минуту.

13.6.4. Волнообразные неровности за счет сдвига (смещения)

Такие дефекты возникают в случае сдвига смеси в продольном направлении, и образуются как во время уплотнения, так и под действием движущегося транспорта. Чаще сдвигу подвержены песчаные смеси в случае когда уплотнение осуществляется относительно тяжелым катком при повышенной температуре в форсированном режиме. Причиной этого может быть также избыток вяжущего, распределенного в качестве подгрунтовки, или наличие грязи, пыли на нижележащем слое (эффект «скольжения» слоя).

Избавиться от коротких волн на поверхности асфальтобетонного покрытия можно только путем предупреждения их появления. Самым важным показателем, который следует контролировать во избежание появления волн, является поддержание равномерной подачи смеси к выглаживающей плите (обеспечение стабильности давления смеси на

выглаживающую плиту). Кроме того, необходимо, чтобы жесткость смеси, которая зависит от ее состава и температуры, поддерживалась по возможности равномерной. Количество смеси, подаваемой к выглаживающей плите, контролируется путем регулировки положения заслонок питателей в загрузочном бункере и посредством поддержания пластинчатых конвейеров и шнековых питателей в постоянной работе практически все время (близко к 100%), пока асфальтоукладчик продвигается вперед. Жесткость смеси контролируется в процессе ее приготовления на асфальтобетонном заводе путем поддержания в установленных пределах температуры смеси, зернового состава и содержания битума.

Чтобы проверить, не являются ли причиной появления волнистой поверхности неполадки в устройстве автоматического контроля продольного уклона, необходимо отключить его и посмотреть, будут ли после этого снова появляться волны. Если это устройство неисправно, то необходимо посмотреть инструкции по его эксплуатации и обслуживанию для того, чтобы устранить неисправность. Следует также проверить наличие провисания натянутой струны (если она применяется) между опорами посредством обратного визирования в то время, когда щуп датчика скользит по струне. Возникновение коротких или длинных волн вследствие механического износа соединений или самой выглаживающей плиты обычно проверяют путем внимательного наблюдения за выглаживающей плитой во время укладки. Возникновение коротких или длинных волн по причине неправильной работы самосвалов и/или уплотняющего оборудования также очень легко проверить, потратив несколько минут на внимательное наблюдение за их работой.

Если дефект «стиральной доски» (рис. 13.78) обусловлен неправильной работой катка вибрационного действия, необходимо установить требуемых для данного случая амплитуду и частоту колебаний и/или изменить скорость движения катка.

Дефекты укладки и уплотнения существенно влияют на эксплуатационные характеристики покрытия. Длинные и короткие волны, а также сдвиги на поверхности асфальтобетонного покрытия оказывают влияние на его эксплуатационных характеристики в двух аспектах. Во-первых, волны уменьшают ровность дороги, что соответственно снижает ее пригодность для движения. Если волны настолько сильно выражены, что повышают динамическую или ударную нагрузку при движении тяжелых грузовых автомобилей, то появляется необходимость ограничения скорости движения, иначе это может привести к разрушению поверхности покрытия и увеличению ДТП. Во-вторых, наличие волн и сдвигов может привести к снижению плотности покрытия, что, в свою очередь, уменьшает срок их службы. Кроме того, из-за проявления этого дефекта будет повышаться износ шин транспортных средств, движущихся по данной дороге.

13.6.5. Разрывы

Существует три типа разрывов асфальтобетонного покрытия (или сдвигов слоя смеси выглаживающей плитой асфальтоукладчика). Классификация разрывов производится по расположению разрыва: в центре полосы, по внешним кромкам и по всей ширине. Разрывы покрытия обычно обусловлены плохим техническим состоянием или нарушением работы асфальтоукладчика, пониженной температурой смеси, а также неправильно выбранным ее зерновым составом, не соответствующим требованиям укладки слоя данной толщины (толщина слоя менее чем в два раза превышает максимальный размер частиц).

Причин появления этого дефекта несколько. Во-первых – выглаживающая плита асфальтоукладчика имеет неправильный поперечный профиль, который необходимо отрегулировать. Одновременно появление разрывов позади выглаживающей плиты чаще всего обусловлено неправильным соотношением поперечного профиля передней и задней части выглаживающей плиты.

Разрыв в центре полосы на ширину около 30 см может быть следствием нарушением регулировки профиля передней части выглаживающей плиты. Для большинства смесей поперечный профиль передней части выглаживающей плиты асфальтоукладчика должен быть слегка больше задней. Если соотношение подобрано правильно, то выглаживающая плита будет формировать ровное полотно по всей ширине. Разрыв покрытия по центру шириной от 15 до 20 см может быть обусловлен недостатком количества асфальтобетонной смеси в шнековой камере (ниже центра вала шнека). Это может произойти в результате нарушения в установке питателей, приводящего к тому, что к выглаживающей плите подается недостаточное количество смеси. Причиной появления такого дефекта могут быть также и отсутствие, износ или нарушения в установке шнека или лопастей на конце вала шнека, которые предназначены для подачи смеси под передаточный механизм, расположенный в центре.

Боковые разрывы могут быть обусловлены как нарушением в установке заслонок питателя бункера, так и нарушением в монтаже уширителей выглаживающей плиты.

Разрыв покрытия по всей ширине полосы может появиться вследствие нескольких причин. Он может произойти в результате искривления или износа опорных пластин выглаживающей плиты. Кроме того, разрыв может произойти в том случае, если скорость движения асфальтоукладчика слишком велика для данной конкретной смеси. В том случае когда велик максимальный размер частиц заполнителя по

отношению к толщине укладываемого слоя, это также может стать причиной разрыва покрытия по всей ширине. Существенное влияние может оказать и недостаточно высокая температура смеси, особенно если при этом выглаживающая плита также не нагрета.

Постоянные разрывы в центре или по краям полосы могут быть устранены с помощью регулировки соотношения поперечных профилей передней и задней частей выглаживающей плиты. Если данная регулировка не поможет устранить разрывы, то необходимо изменить ее положение. Разрыв полосы по всей ширине, вызванный использованием холодной выглаживающей плиты, холодной смеси, износом пластин выглаживающей плиты, или неправильным соотношением толщины формируемого слоя и максимальным размером зерен, можно предупредить прогреванием выглаживающей плиты перед началом укладки, повышением температуры смеси, заменой изношенных или покоробившихся опорных пластин выглаживающей плиты или соответствующим увеличением толщины слоя покрытия.

Разрыв покрытия влияет на его эксплуатационные характеристики, так как в местах разрывов происходит нарушение сплошности слоя, в связи с чем могут происходить разрушение кромок, ухудшение ровности, снижение плотности, увеличение водонасыщения асфальтобетона.

13.6.6. Неоднородность текстуры поверхности

Неоднородность текстуры покрытия можно определить как неоднородный внешний вид поверхности в продольном и поперечном направлении после укладки и уплотнения верхнего слоя. Часто отличие внешнего вида поверхности обусловлено скоплением крупных частиц щебня в поверхностном слое (рис. 13.79) при формировании выглаживающей плитой. Обычно, песчаные смеси позволяют получить полотно с более однородной текстурой, чем смеси щебеночные.

Рис. 13.79. Неоднородность текстуры.

Многие факторы влияют на укладку асфальтоукладчиком слоя с однородной текстурой. Неравномерность процесса подачи смеси к выглаживающей плите в результате перегрузки шнековых питателей или уменьшение содержимого загрузочного бункера перед разгруз-

кой очередного самосвала могут обусловить вариации в количестве смеси, попадающей под выглаживающую плиту и, соответственно, способствовать формированию слоя с неоднородной текстурой. Причиной может явиться и неудовлетворительное техническое состояние выглаживающей плиты, включая работу изношенных или ослабленных в местах крепления опорных пластин выглаживающей плиты, нарушения монтажа уширителей выглаживающей плиты или снижение частоты ее вибрации. Кроме того, неоднородная поверхность может быть обусловлена низкой температурой смеси (по вине асфальтобетонного завода или из-за долгого простоя асфальтоукладчика в ожидании прибытия самосвалов), особенно если это усугубляется низкой температурой самой выглаживающей плиты. Расслоение смеси, т.е. разделение крупных и мелких зерен минерального материала вследствие нарушения в составе или в обращении со смесью при ее изготовлении, а именно при загрузке, транспортировке, разгрузке или укладке, также оказывают влияние на неоднородность поверхности дорожного покрытия. На появление этого дефекта также оказывают влияние все те факторы, которые вызывают неоднородность самой смеси, например, отклонения в зерновом составе смеси или в содержании битума, а также температура смеси.

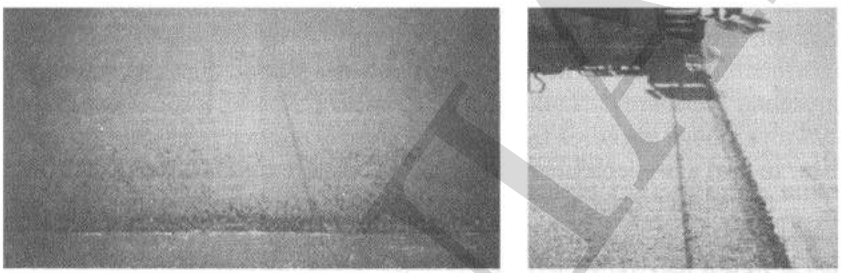
Множественность причин неоднородной поверхности покрытия обуславливает вариантность устранения этого дефекта. В первую очередь, необходимо контролировать работу асфальтоукладчика в части равномерности подачи смеси к выглаживающей плите. Следует проводить надлежащим образом техническое обслуживание асфальтоукладчика и выглаживающей плиты в целях поддержания их должного рабочего состояния. Толщина укладываемого слоя в уплотненном виде должна задаваться исходя из того, чтобы она минимум в два раза превышала максимальный размер частиц в асфальтобетонной смеси. И, наконец, необходимо на стадии приготовления скорректировать смесь, уточнив гранулометрический состав или содержание битума, чтобы ликвидировать расслаивание.

Влияние дефекта на эксплуатационные характеристики покрытия. Неоднородная текстура поверхности обычно сопровождается неравномерностью плотности асфальтобетонного покрытия. Участки поверхности, на которых выглаживающая плита вырывала крупные частицы заполнителя или в которых произошло расслоение смеси, обычно имеют меньшую плотность после укатки, чем на остальных участках. Из-за снижения плотности и повышения выкрашивания срок службы и пригодность к эксплуатации такого асфальтобетонного покрытия заметно сокращаются.

13.6.7. Следы от выглаживающей плиты

Следы от выглаживающей плиты – это поперечные вмятины в асфальтобетонном покрытии. Они возникают при остановке асфальтоукладчика для разгрузки очередного самосвала (рис. 13.80). В зависимости от свойств смеси следы могут быть иногда едва заметными, а иногда и очень глубокими.

Следы от выглаживающей плиты могут также возникать и в продольном направлении в случае применения жестких уширителей или раздвижных секций выглаживающей плиты (рис. 13.81).



а) б)

Рис. 13.80. Следы на слое в процессе укладки:
а) поперечные следы от выглаживающей плиты при разгрузке очередного самосвала; б) продольные следы от воздействия уширителя.

Существует несколько причин возникновения следов от выглаживающей плиты.

Первой причиной является недопустимый зазор в соединении выглаживающей плиты с шасси. Если причина в этом, то следы от выглаживающей плиты будут появляться каждый раз, когда останавливается асфальтоукладчик. Другой причиной появления этого дефекта является недопустимая регулировка положения выглаживающей плиты, когда она движется, опираясь на свою заднюю кромку. Еще одной причиной возникновения следов от выглаживающей плиты могут быть толчки асфальтоукладчика самосвалом, когда тот подъезжает на разгрузку, и/или вследствие того, что самосвал стоит на тормозе, когда асфальтоукладчик его толкает. В этом случае следы от выглаживающей плиты появляются только при нарушении взаимодействия самосвала и асфальтоукладчика. На более мягкой смеси следы могут быть более заметными, особенно в случаях, когда применяется тяжелая выглаживающая плита с выдвижными секциями или с несколькими жесткими уширителями.

Продольные следы от выглаживающей плиты обусловлены нарушением в монтаже уширителей. Когда применяются уширители, их угол атаки и высота монтажа должны быть такими же, как и у основной выглаживающей плиты. Если применяются выдвижные секции, то при нарушениях в монтаже на асфальтобетонном покрытии могут появиться две продольные полосы по концам основной выглаживающей плиты и/или у внутренней кромки уширителей, расположенных с каждой стороны основной выглаживающей плиты.

Если поперечные следы появляются вследствие изношенности механического соединения выглаживающей плиты и асфальтоукладчика или в нарушении в установке самой выглаживающей плиты, то необходимо произвести ремонт. Если следы от выглаживающей плиты обусловлены тем, что самосвал толкает асфальтоукладчик, то операцию укладки асфальтобетонной смеси необходимо изменить таким образом, чтобы при движении асфальтоукладчик толкал самосвал. Кроме того, как только асфальтоукладчик коснется самосвала, водитель должен пользоваться тормозами, только для удержания самосвала в контакте с асфальтоукладчиком.

Появление следов от выглаживающей плиты на асфальтобетонном покрытии можно предотвратить, особенно при укладке очень пластичной смеси, путем работы асфальтоукладчика без остановок на разгрузку самосвалов. Безостановочная работа асфальтоукладчика обеспечивается посредством загрузки бункера с помощью устройства для подъема асфальтобетонного валика с поверхности покрытия или с помощью асфальтоперегрузчика. Однако при загрузке асфальтоукладчика непосредственно самосвалами рекомендуется останавливать асфальтоукладчик при смене самосвалов, при этом остановку и возобновление движения асфальтоукладчика необходимо производить по возможности быстро. В противном случае машинист асфальтоукладчика может использовать содержимое загрузочного бункера в период смены самосвалов, в результате чего снизится давление смеси на выглаживающую плиту и повысится вероятность расслоения смеси при каждой смене самосвалов. Продольные следы, обусловленные неправильной высотой подъема уширительной сглаживающей плиты, можно устранить путем регулировки положения каждого уширителя по отношению к основной выглаживающей плите. При этом следует отрегулировать и высоту, и угол атаки уширителей.

Влияние дефекта на эксплуатационные характеристики покрытия: поперечные следы от выглаживающей плиты обычно не снижают срока службы асфальтобетонного покрытия, однако они могут вызвать повышенную динамику движения транспорта на выступах, которые могут остаться на дороге, даже после укатки.

Если эти следы глубокие, то с разных сторон этого «стыка» каток может осуществлять неадекватное уплотнение смеси (когда он делает первоначальный проход по более высокому слою). Если в процессе уплотнения не удается устранить продольные следы от выглаживающей плиты, то на полотне останутся неровности.

13.6.8. Растрескивание

Растрескивание асфальтобетонного покрытия заключается в появлении коротких поперечных трещин, обычно имеющих длину от 2,5 до 10 см и отстоящих друг от друга на 2,5–7,5 см, как показано на рисунках 13.81 и 13.82. Эти поверхностные трещины обычно незаметны во время укладки асфальтобетонного слоя. Они могут появляться только после второго-третьего прохода или после нескольких проходов катка, когда плотность слоя приближается к заданному значению. Наиболее часто появление трещин происходит в случае применения катка статического действия для первичного уплотнения. Крайне редко трещины появляются при использовании катка на пневматических шинах для первичного уплотнения. Однако если для первичного уплотнения применяют пневмокаток, промежуточное уплотнение выполняет каток статического действия, а температура слоя еще высокая, то в случае «мягких» смесей под действием стального вальца на поверхности могут появляться трещины. Иногда появление трещин связано с т.н. «переуплотнением» слоя. Как правило, трещины не распространяются на всю глубину слоя, их обычная глубина составляет от 1,3 до 0,95 см.

Рис. 13.81. Образование трещин в процессе уплотнения при высокой температуре асфальтобетонной смеси.

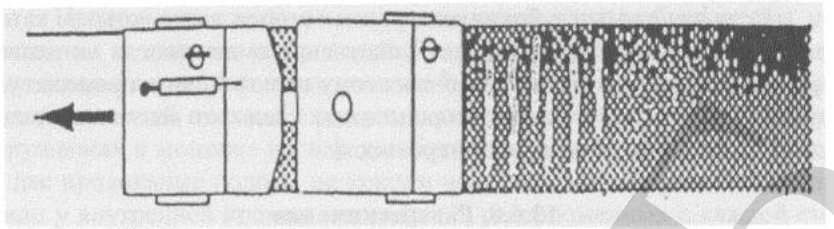


Рис. 13.82. Схема образования трещин в процессе уплотнения асфальтобетонного слоя.

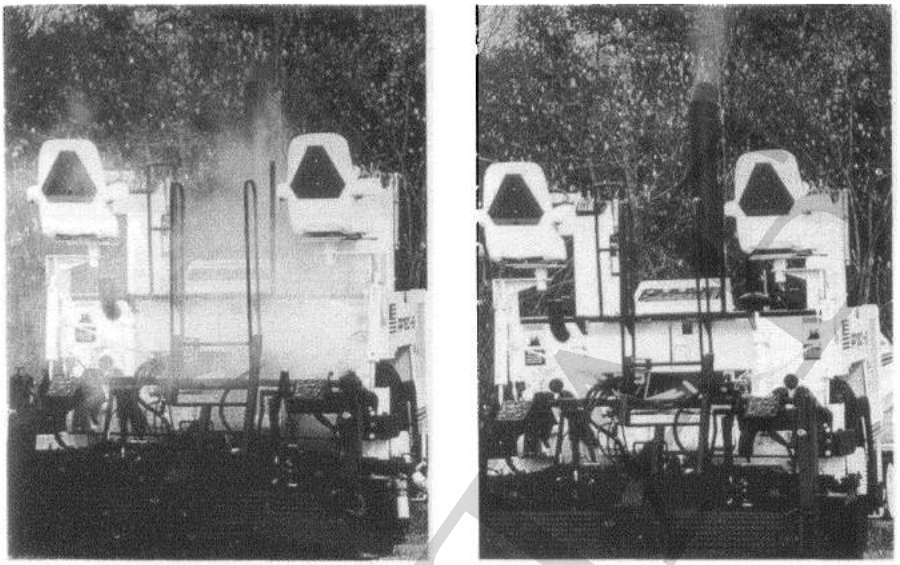
Частой причиной появления поперечных трещин является неправильный состав смеси:

– избыточное содержание в смеси текучих веществ (слишком много битума или влаги),

– неправильный зерновой состав песка – слишком много частиц среднего размера (1,25 мм и 0,63) мм, и слишком мало песка мелких фракций (0,315 мм и 0,14 мм)

– зерновой состав подобран с низкой остаточной пористостью асфальтобетона. При избыточном количестве текучих веществ смесь «ползет» под уплотняющим оборудованием. Увеличение количества мелких фракций заполнителя в смеси также делает смесь текучей. Смеси, состав которых характеризуется низкой пористостью, обычно бывают более пластичны и «ползут» под действием усилия, оказываемого катками вибрационного или статического действия. Кроме того, причиной появления трещин могут быть такие особенности минеральных зерен, как пористая (капиллярная) поверхность или наличие пыли, покрывающей частицы. Такая смесь будет смещаться под вальцами или шинами уплотняющего оборудования в продольном направлении вместо вертикального уплотнения. Причиной растрескивания является образование головного ядра уплотнения перед движущимися вальцами катка. Растрескивание поверхности будет еще более значительным, если в дополнение к неправильному составу смеси укатка будет производиться при температуре, слишком высокой для конкретной марки битума. По мере повышения температуры смеси вязкость битума снижается и смесь становится более мягкой. Кроме того, на склонность к растрескиванию влияет температурная чувствительность самого битума.

Иногда растрескивание может быть обусловлено разностью температур горячей смеси и переохлаждением поверхности асфальтобетонного покрытия (тепловое растрескивание). В холодные дни при ветреной погоде вполне возможно, что температура поверхности существующей дороги, на которую укладывается новый слой, будет быстро понижаться. Кроме того, будет быстро остывать поверхность только что уложенного



а) б)

Рис. 12.14 (цв.). Система отвода вредных испарений:
а) система FXS выключена; б) система FXS включена.

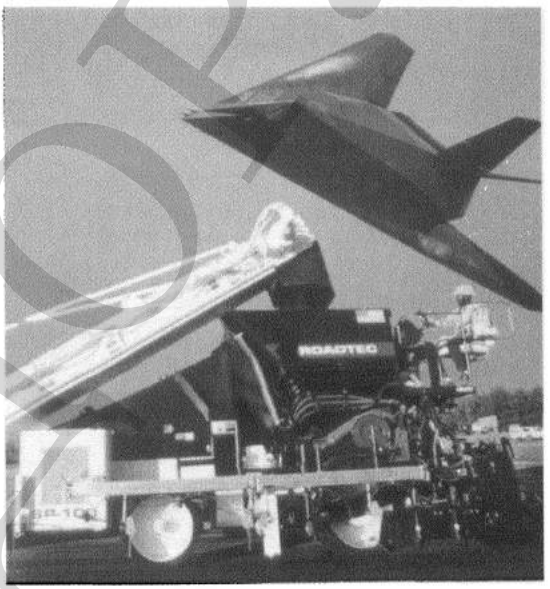
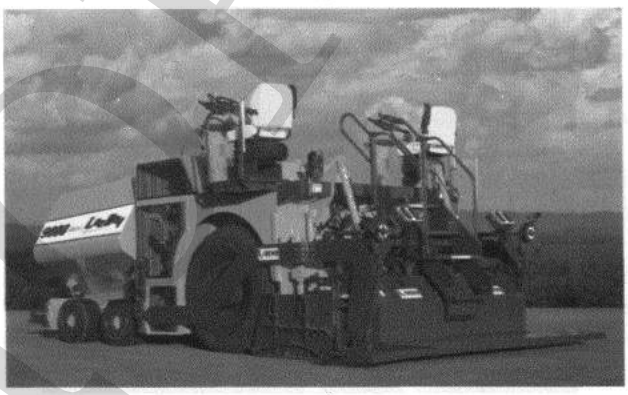


Рис. 12.15 (цв.). Асфальтоукладчик SP-100B Stealth™.

а)

б)



в)

Рис. 12.16 (цв.). Асфальтоукладчики фирмы LeeBoy:
а) LeeBoy 5000; б) LeeBoy 8816; в) LeeBoy 9000.

а) б) в)

Рис. 12.17 (цв.). Уширитель фирмы MIDLAND (США):
а) устройство песчаного подстилающего слоя;
б) устройство щебеночного основания;
в) устройство асфальтобетонного слоя.

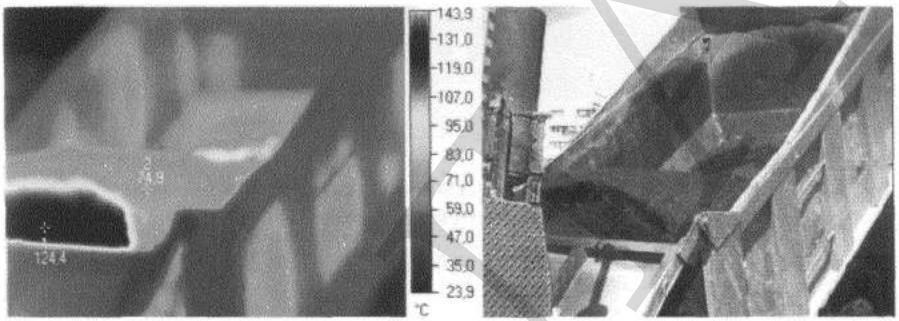


Рис. 12.18 (цв.). Фиксация температуры смеси в момент выгрузки.

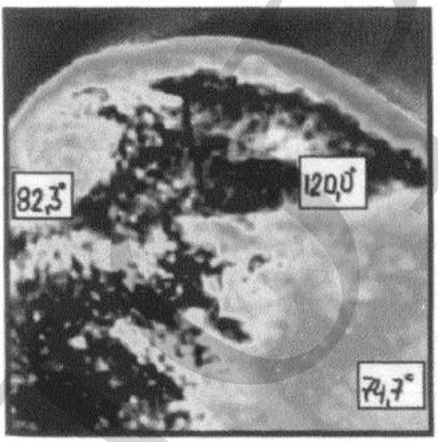
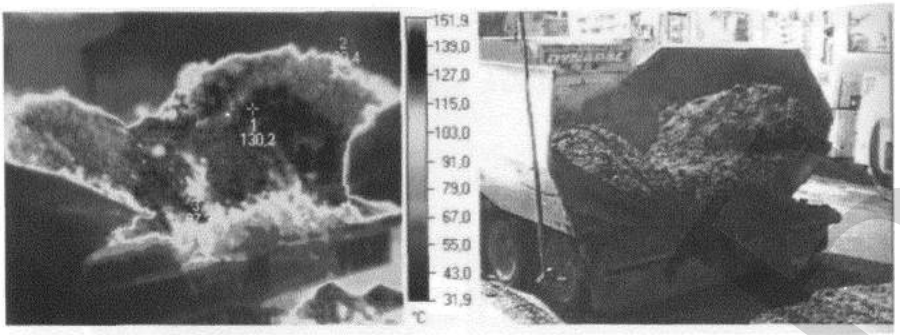


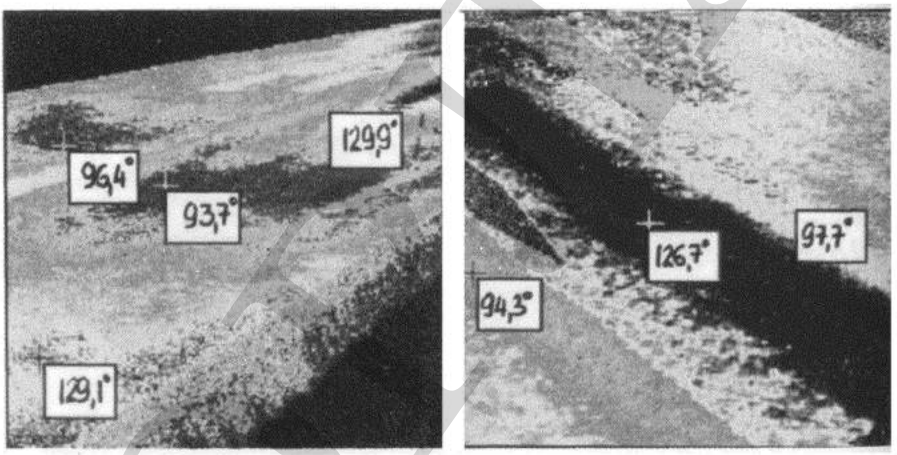
Рис. 12.19 (цв.). Температурный дифференциал смеси в бункере асфальтоукладчика.

Рис. 12.20 (цв.). Корка на поверхности замеса, образовавшаяся из кусков слипшейся «застывшей» части смеси.



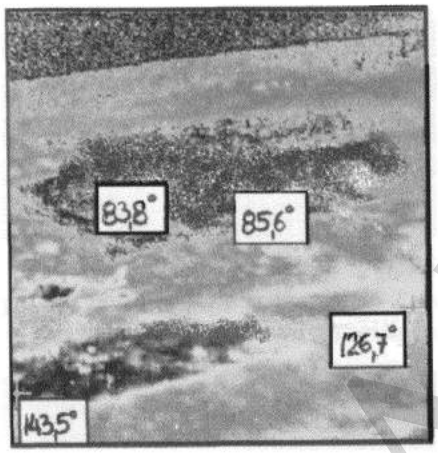
а) б)

Рис. 12.21 (цв.). Перепад температуры смеси в бункере асфальтоукладчика:
а) снятый инфракрасной камерой; б) обычный снимок.



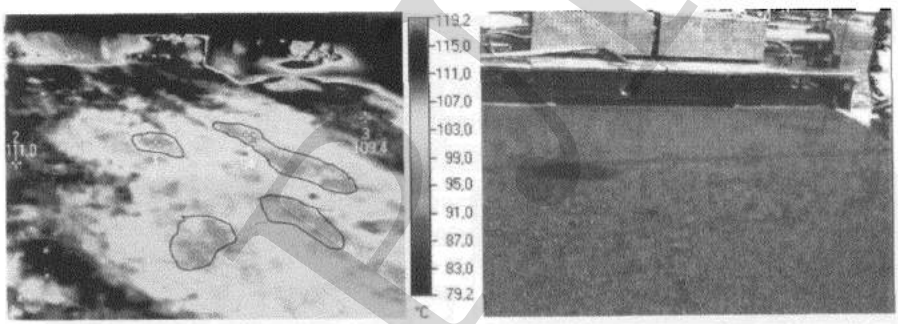
а) б)

ДОСТАВ



в)

Рис.12.22 (цв.). Дорожное покрытие после укладчиков:
а) CEDARAPIDS 551: б) BLAW-KNOX PF 510; в) CATERPILLAR 1055B.



а) б)

Рис.12.23 (цв.). Неоднородность температуры слоя после прохода асфальтоукладчика:
а) термограмма; б) обычный снимок.

ЛОГАБ

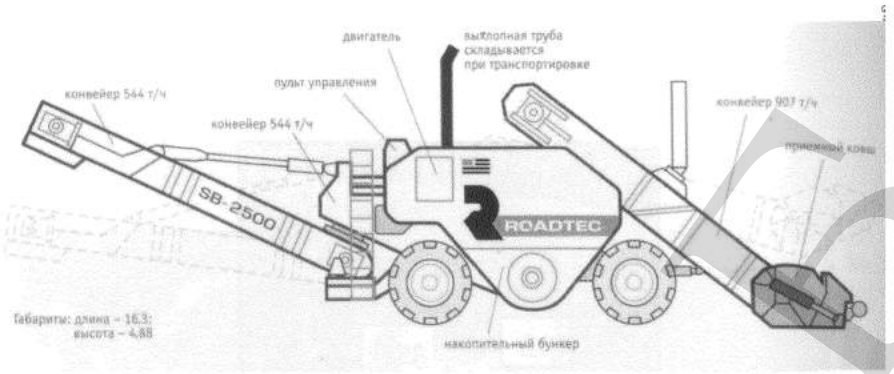


Рис. 12.24 (цв.). Конструктивное устройство перегрузчика «Шаттл-Багги» (Shuttle Buggy).

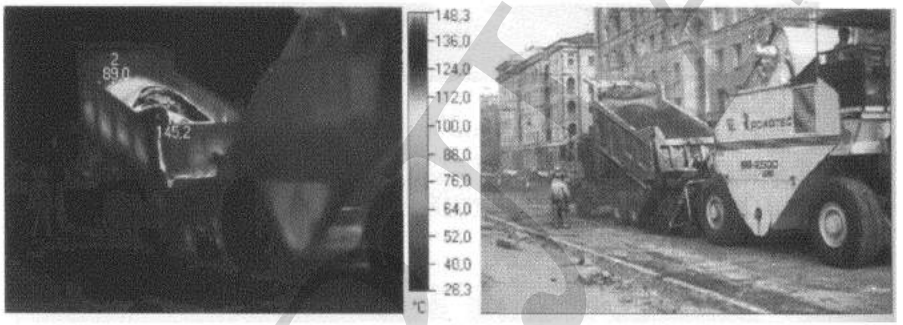


Рис. 12.25 (цв.). Подготовка к выгрузке смеси из самосвала в перегрузчик.

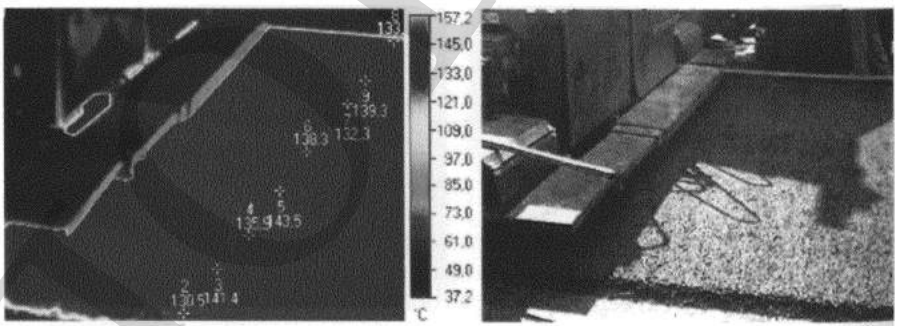
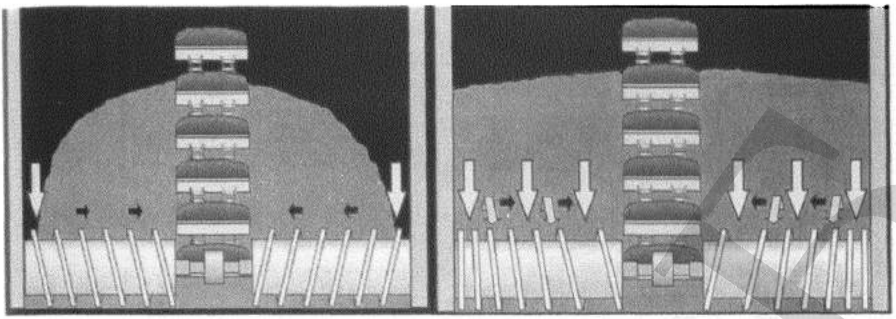


Рис. 12.26 (цв.). Вид уложенного слоя, при загрузке асфальтоукладчика из перегрузчика «Шаттл-Багги», с термограммой.



а) б)

Рис. 12.27 (цв.). Шнек с постоянным (а) и перемеренным (б) шагом витков.

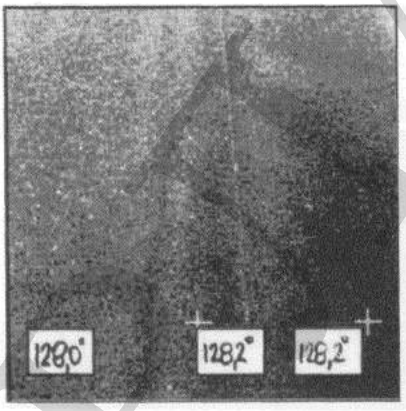


Рис. 12.28 (цв.). Устранение температурной сегрегации уложенной смеси при использовании перегрузчика «Шаттл-Багги».

Рис. 12.29 (цв.). Перегрузчик MT-1000 фирмы «Vogele».

Рис. 12.30 (цв.). Перегрузчик MF-250 фирмы «Dynapac».

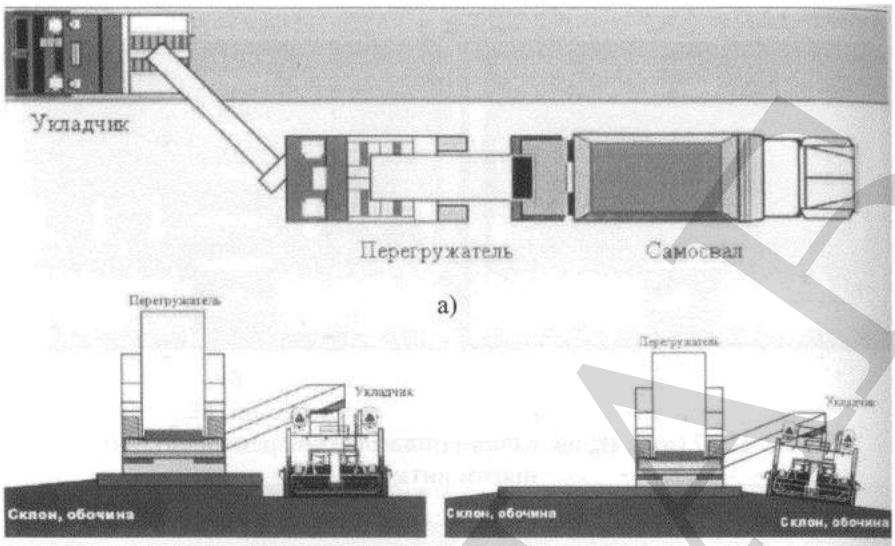


Рис. 12.31 (цв.). Схемы организации работ с использованием перегрузчика «Шаттл-Багги»:
а) боковое расположение перегрузчика по отношению к рабочей полосе;
б) расположение перегрузчика на обочине;
в) перегрузка смеси в асфальтоукладчик при работе на обочине.

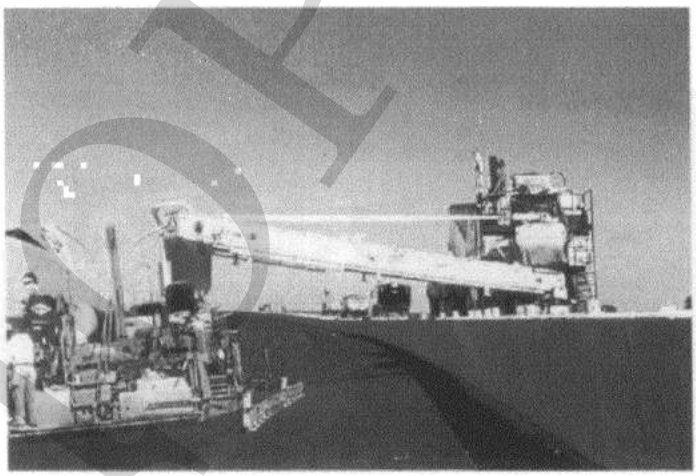


Рис. 12.32 (цв.). Перегрузка смеси бункер асфальтоукладчика из перегрузчика расположенного, на соседней приподнятой полосе.

ДОРЛАБ

Рис.12.33 (цв.). Выгрузка смеси из самосвала в асфальтоукладчик на участке под контактными сетями.

Рис.12.34 (цв.). Выгрузка смеси из перегрузчика в асфальтоукладчик в стесненных условиях.

Рис. 12.35 (цв.). Работы по обустройству водосточного люка.

Рис. 12.36 (цв.). Возможность подачи смеси малого объема перегрузчиком «Шаттл-Багги».

Рис. 12.37 (цв.). Использование поворотного конвейера.

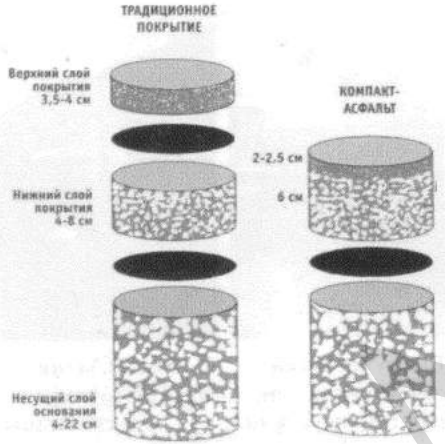


Рис. 12.39 (цв.). Различие в устройстве «компакт-асфальта» и обычных слоев покрытия.

Рис. 12.40 (цв.). Одновременная укладка двух различных слоев асфальтобетонного покрытия с помощью комбинированного укладчика.

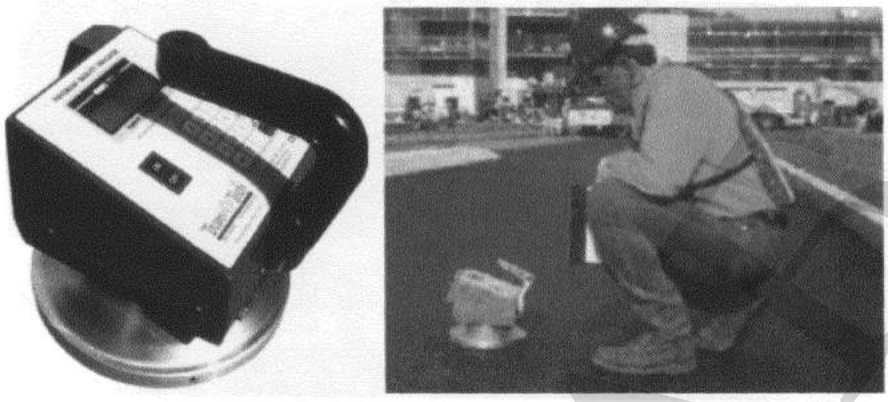


Рис. 13.2 (цв.). Измерение плотности прибором PQI.

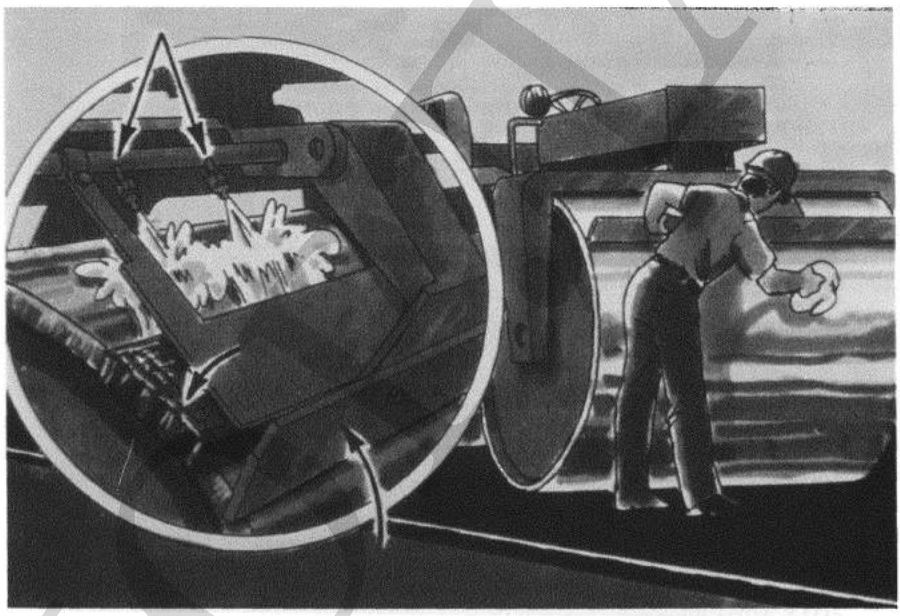


Рис. 13.11 (цв.). Система разбрызгивания воды.

Рис. 13.19 (цв.). Виброкаток фирмы «Бомаг».

Рис.13.21 (цв.). Виброкаток «DTV 3105» производства фирмы Bittelli (Италия).

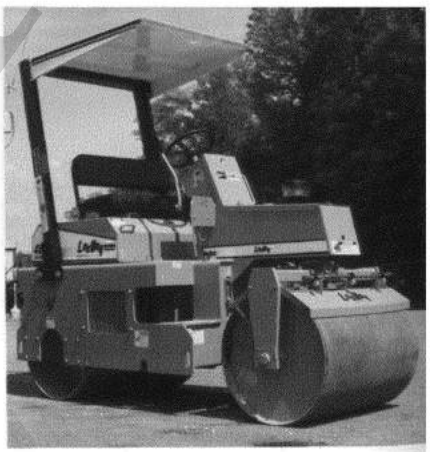


Рис.13.22 (цв.). Виброкаток фирмы LeeBoy.

Рис.13.61 (цв.). Схема установки катка при уплотнении по холодной полосе.

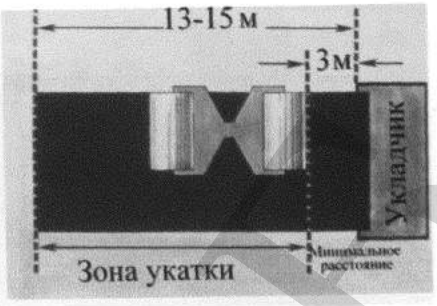


Рис. 13.65 (цв.). Схема расчета длины захватки.

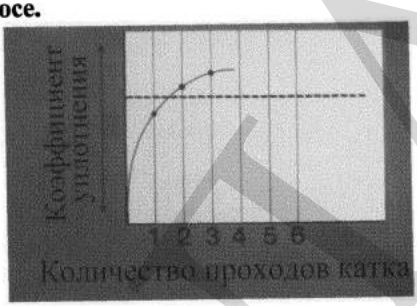


Рис. 13.66 (цв.). Пример проведения работ по уточнению количества проходов катков (пробная укатка).

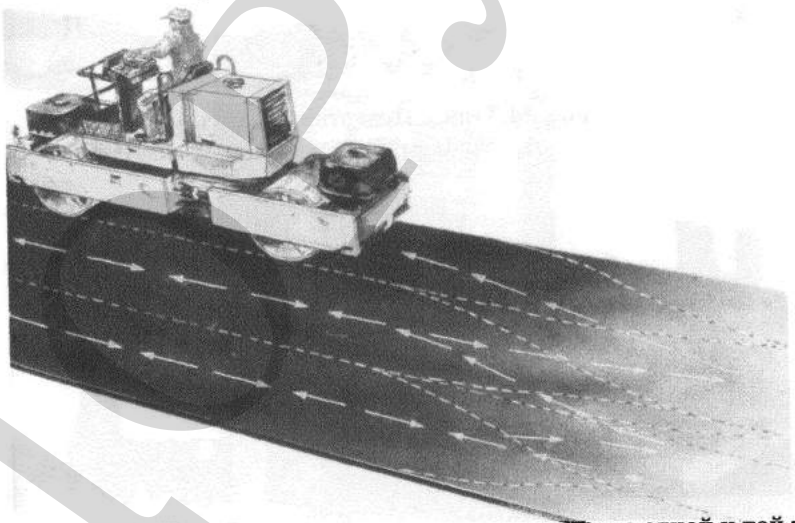
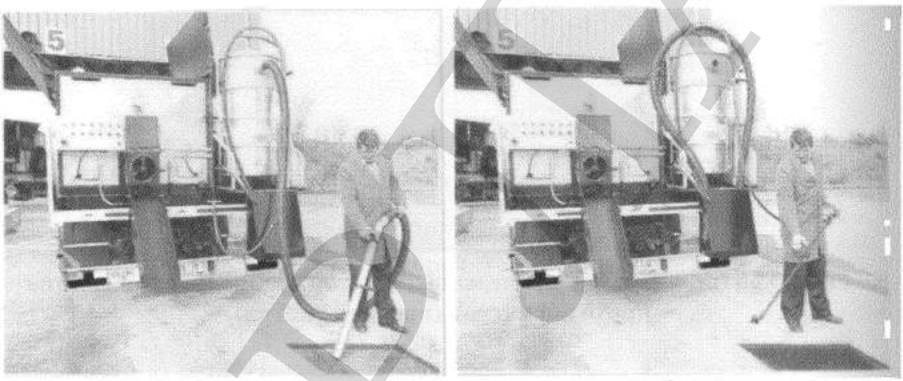


Рис.13.70 (цв.). Проходы производятся вперед-назад по одной и той же полосе. Переход катка на другую полосу должно всегда производиться в ранее уплотненной зоне, во избежание появления следов.

Рис. 14.1 (цв.). Термобокс производства фирмы Massenza.

Рис. 14.2 (цв.). Установка SSG 25 в работе.



а) б)

Рис. 14.3 (цв.). Подготовка карты.
а) пылесос с отстойником; б) битуморазбрызгиватель.

Рис. 14.4 (цв.). Последовательность проведения ямочного ремонта методом пневмонабрызга.

ДОРАД

Рис.14. 5 (цв.). Ремонт выбоины машиной «МАГНУМ».

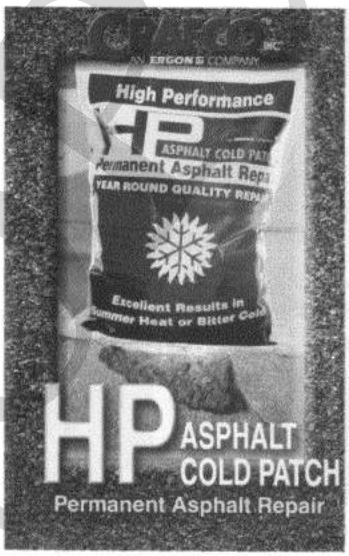


Рис. 14.9 (цв.). Холодная ремонтная смесь фирмы CRAFCO.

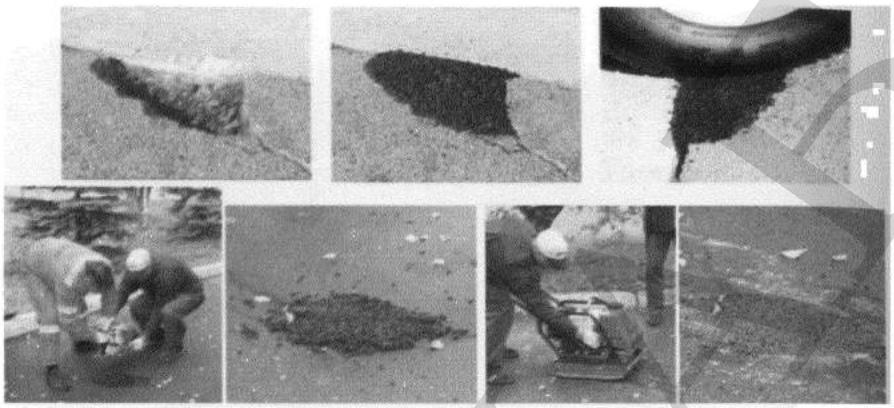


Рис. 14.10 (цв.). Производство ямочного ремонта холодной ремонтной смесью.

Рис. 14.12 (цв.). Технологические трещины.

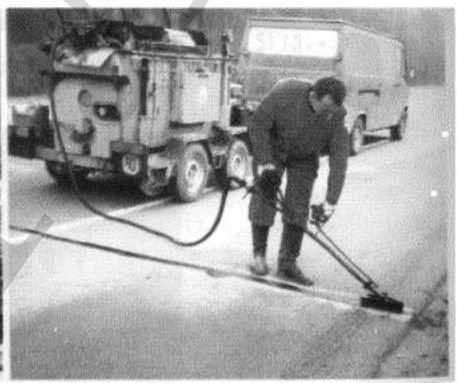


Рис. 14.13 (цв.). Заливка трещины.

ДОПУЩЕНО

Рис. 14.14 (цв.). Посыпка фракционированным песком.

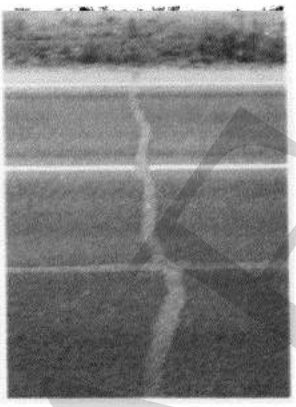


Рис. 14.15 (цв.). Отремонтированная температурная трещина.

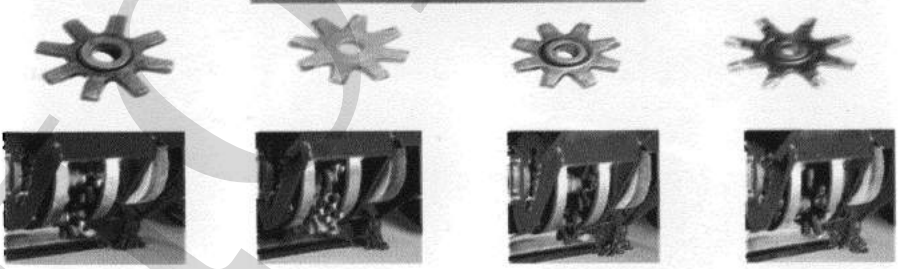


Рис. 14.17 (цв.). Нарезчик с набором фрез.

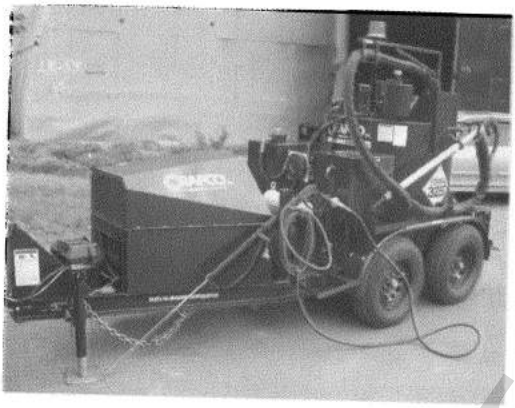


Рис. 14.18 (цв.). Агрегат Super Shot.

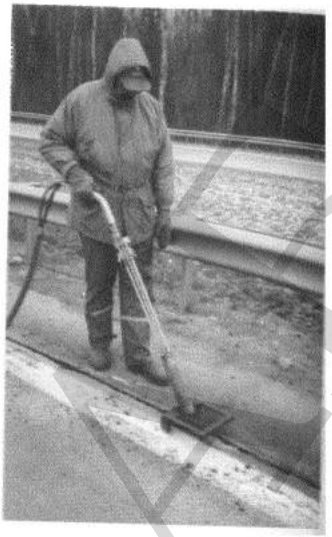


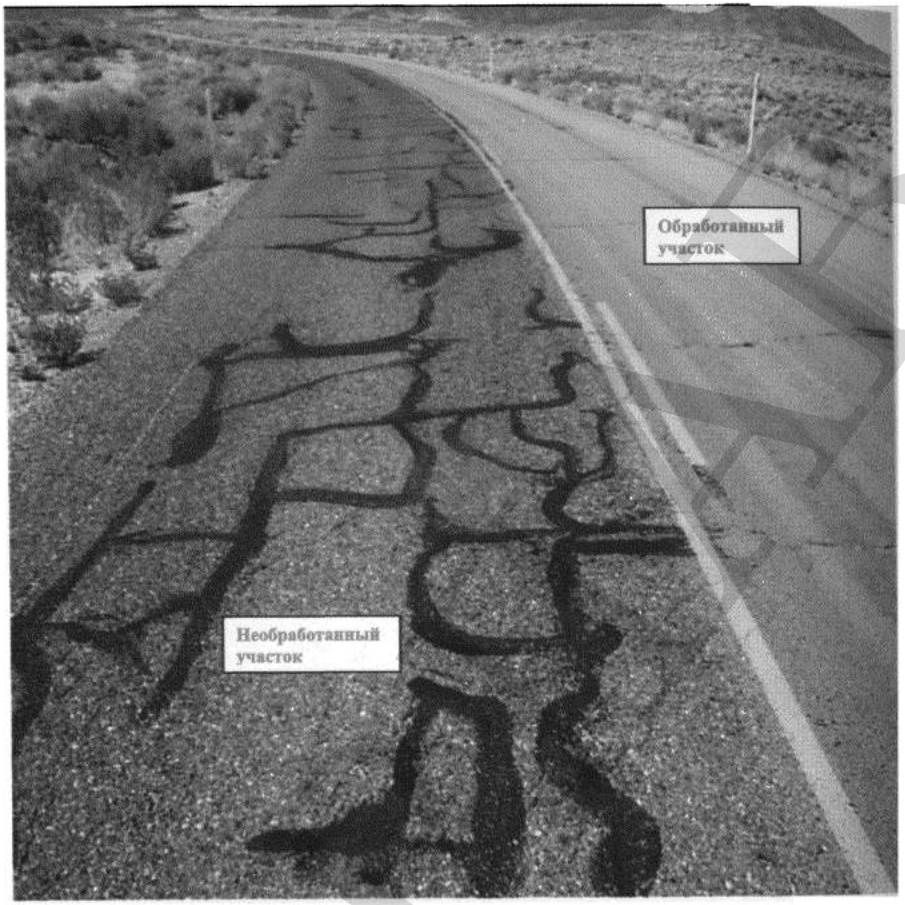
Рис. 14.19 (цв.). Просушка трещины тепловым копьем.

Рис. 14.20 (цв.). Заливка трещины.

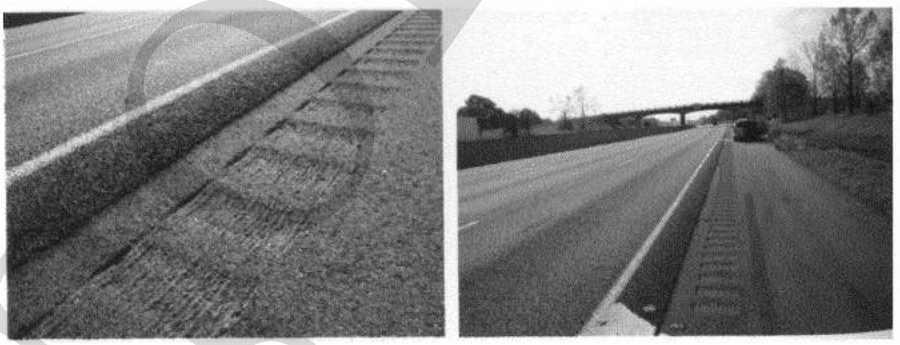
Рис. 14.21 (цв.). Распределение пропиточного состава.

Рис. 14.22 (цв.). Распределение отсева.

ДОЛАД



Результат обработки пропиткой Reclamite



«Шумовая» полоса, предотвращающая неконтролируемый съезд на обочину

слоя, а температура смеси внутри будет при этом достаточно высокой. Такая разность температур и обусловит растрескивание покрытия под воздействием уплотняющего оборудования.

Существует и ряд второстепенных факторов, вызывающих поверхностное растрескивание. Под весом катка может создаваться избыточный прогиб предыдущих слоев и перенапряжение в данном слое. Растрескивание может быть связано с неправильной организацией уплотнения: поздно начато уплотнение толстых слоев, укатка на высоких скоростях, быстрая остановка катков, резкие повороты катков на горячем слое, излишнее количество проходов для окончательного уплотнения или проведение окончательного уплотнения в то время, когда уложенный слой все еще имеет высокую температуру. И, наконец, растрескиванию способствует слабая связь между новым слоем и поверхностью существующего нижележащего слоя вследствие его загрязнения или недостаточной обработки вяжущим материалом.

Так как растрескивание главным образом связано с состоянием смеси, то радикальным решением является изменение свойств асфальтобетонной смеси. Быстрым способом изменения характеристик смеси является уменьшение содержания битума или уменьшение содержания влаги с помощью надлежащего просушивания заполнителя. Но это касается в основном песчаных смесей. Другие изменения характеристик смеси требуют большего времени и затрат, например, изменение зернового состава с целью уменьшения содержания мелких фракций или с целью увеличения пористости смеси. Однако изменение состава смеси следует производить очень осторожно, чтобы не ухудшить прочностные и эксплуатационные характеристики смеси.

Также быстро можно принять корректирующие меры и в случае, когда растрескивание вызвано режимом уплотнения. Если смесь является пластичной из-за избыточного содержания текучих веществ, неправильного зернового состава или малой пористости, то можно применить способ укладки смеси при пониженной температуре, позволяющей избежать растрескивания поверхности укатанного слоя. В этом случае укатку задерживают во времени для снижения температуры смеси, соответственно вязкость битума при этом повысится, в результате смесь станет более жесткой и перестанет «ползти» под катками. Однако задержка с уплотнением может соответственно уменьшить вероятность достижения заданного уровня плотности покрытия. Таким образом, проблема заключается в том, как уплотнить смесь, которая «ползет» под воздействием уплотняющего оборудования. Для пластичных смесей сложнее достичь обе цели одновременно (уплотнить смесь без поверхностного растрескивания и получить заданную плотность). Понизить температурный режим уплотнения можно за счет того, что зона укатки (расстояние между асфальтоукладчиком и кат-

ком, производящим первоначальное уплотнение) увеличивается и таким образом выделяется дополнительное время на остывание смеси перед первоначальным уплотнением. Применимость данного способа предупреждения появления трещин определяется двумя факторами: действительное исчезновение трещин или значительное снижение их количества и получение требуемой плотности при уплотнении. Для определения зоны уплотнения в таком случае, необходимо проверить плотность с помощью прибора неразрушающего действия и по образцам, вырезанным из уложенного слоя. Если измерения покажут, что надлежащая плотность достигнута, а растрескивание значительно снижено, то задержку по времени для уплотнения пластичных смесей применить можно.

Еще одним возможным решением является замена типа или массы катка и изменение схемы уплотнения. Если для начального уплотнения применялся каток статического действия со стальными вальцами, то его следует заменить катком на пневматических шинах или катком вибрационного действия. На некоторых очень пластичных смесях растрескивание может происходить даже в том случае, когда первоначальное уплотнение производит пневмокаток или каток вибрационного действия, а промежуточное – каток статического действия с гладкими вальцами. Однако в общем случае большую эффективность и производительность получают, применяя каток на пневматических шинах для первоначального уплотнения, поскольку каток данного типа редко вызывает растрескивание поверхности укатываемого слоя.

Может оказаться, что ни одно из предложенных решений не может устранить растрескивание. Каждая смесь имеет свою собственную способность к уплотнению. Некоторые пластичные смеси дают растрескивание в очень широком диапазоне температур, даже при такой низкой температуре как 65 °С, другие смеси будут растрескиваться только при более высоких температурах уплотнения. В общем случае все смеси, имеющие нестабильную структуру, будут растрескиваться под катком с гладкими вальцами. Поэтому основным решением является отказ от применения таких смесей: их состав должен быть изменен.

Влияние дефекта на эксплуатационные характеристики покрытия: несмотря на то, что трещины проникают вглубь слоя на небольшую глубину, они существенно снижают эксплуатационные характеристики покрытия. Если при увеличении зоны уплотнения в целях снижения растрескивания снижается плотность, то результатом такой борьбы с растрескиванием будет существенное снижение срока службы асфальтобетонного покрытия, т.к. в нем возрастает открытая пористость. Асфальтобетонное полотно, имеющее трещины, по всей вероятности, быстро придет в негодность под воздействием движущегося транспорта и климатического воздействия.

13.6.9. «Жирные» пятна на поверхности покрытия

«Жирные» пятна на асфальтобетонном полотне представляют собой участки поверхности, на которую просочился битум в процессе укладки и укатки асфальтобетонного покрытия (рис. 13.83). Такие пятна могут располагаться на поверхности как в произвольном порядке, так и в виде довольно правильного рисунка. Просачивание битума на поверхность происходит под воздействием движущегося транспорта. Оно обычно появляется в виде двух продольных полос (полосы накаты), позже могут образоваться колеи (рис. 13.84).

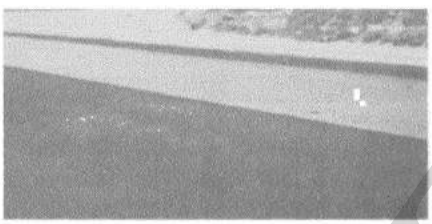


Рис. 13.83. Жирное пятно на поверхности покрытия из-за излишка битума в смеси.

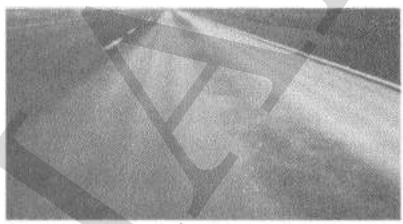


Рис. 13.84. Образование колейности на участках с использованием жирной смеси.

«Жирные» пятна, в первую очередь, могут быть обусловлены избыточной пластичностью смеси. Если влага не будет удалена из материала (особенно пористого) в процессе сушки и приготовления смеси на асфальтобетонном заводе, то, испаряясь и поднимаясь на поверхность, она потянет за собой битум, когда асфальтоукладчик будет укладывать слой этой смеси. Если асфальтоукладчик укладывает расслоившуюся смесь, то может получиться так, что битум будет находиться на поверхности той части расслоившейся смеси, которая имеет его избыточное содержание.

Обычно просачивание жидкости обусловлено двумя причинами. Во-первых, это избыточное содержание текучих веществ в составе смеси (битума и воды). Под действием транспорта избыточная влага и битум будут подниматься на поверхность дороги. Явление просачивания обычно наблюдается в жаркую погоду, когда вязкость битума наименьшая. Просачивание происходит в первые дни эксплуатации дороги, когда в смеси все еще может содержаться влага, (в непросушенном материале) или вязкость битума относительно низкая. Во-вторых, просачивание битума также может быть связано с недостаточным объемом пор в минеральном остове для заполнения его битумом. В этом случае в результате уплотняющего воздействия движущегося транспорта выдав-

ливание битума будет происходить как непосредственно после сдачи дороги в эксплуатацию, так и в более поздний период.

Еще одной возможной причиной «жирных» пятен является состояние ремонтируемой поверхности, на которую укладывают слой новой смеси. Если при подготовке поверхности существующей дороги распределено избыточное количество битума или битумной эмульсии, а также мастики, используемой для заполнения трещин и сопряжений, то часть этих материалов может впоследствии просочиться на поверхность нового слоя.

Чтобы исключить появление «жирных» пятен на поверхности уложенного слоя, важно применять для изготовления смеси только сухой заполнитель и обеспечить производство смеси на асфальтобетонном заводе с наименьшим содержанием влаги (не превышающим 0,5%). Просачивание избыточного битума на поверхность дороги можно предотвратить путем снижения содержания битума с учетом других характеристик смеси, таких как пористость минерального остова и остаточная пористость. Однако проблему просачивания битума, усложненную образованием колеи, можно решить только посредством полного изменения состава смеси.

«Жирные» пятна на поверхности дороги, если их немного, не оказывают существенного влияния на срок службы дороги. «Жирные» пятна в большом количестве и просачивание по следу движения транспорта снижают эксплуатационные характеристики дороги, так как они являются показателем неравномерности содержания битума и пор в смеси на различных участках дороги. Кроме того, дорожное покрытие с жирными пятнами по следу движения транспорта обычно имеет и другие дефекты, например, сдвиг покрытия, образование колеи и снижение коэффициента сцепления. Для обеспечения нормальной эксплуатации дороги необходимо проверить и изменить состав смеси.

13.6.10. Следы от катка

В процессе первоначального и промежуточного уплотнения асфальтобетонного покрытия катками любого типа на поверхности слоя остаются продольные следы в виде вмятин или валиков (рис. 13.85, 13.86). Такие следы обычно удается устранить в процессе окончательного уплотнения. Если же технологический режим нарушен, то продольные отпечатки, не устраненные в процессе окончательного уплотнения, могут остаться на поверхности слоя. Следы от катка возникают и в тех случаях, когда каток оставляют на «горячем» полотне, или когда каток вибрационного действия работает на одном месте в режиме вибрации. Катки на пневматических шинах (при использовании их для на-

ьной укатки) могут оставлять заметные продольные следы, которые таются на полотне и после окончательной укатки. Эффект «стиральной доски» возникает на полотне в том случае, когда каток вибрационного действия работает с неправильно подобранной амплитудой или частотой колебаний (как указано выше).

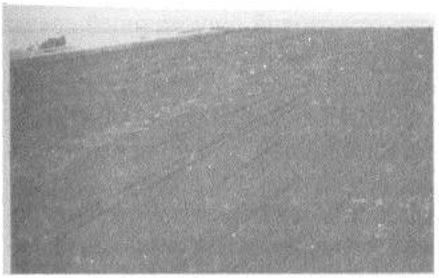


Рис. 13.85. Образование следов на горячем покрытии от гладковальцового катка.

Рис.13.86. Следы от катка в виде валиков за счет бокового выдавливания смеси.

Следы от катков на дороге являются показателем недостаточного количества проходов при уплотнении. Если процесс уплотнения прекращают до выполнения требуемого количества проходов или если смесь остывает прежде, чем будет закончен процесс уплотнения, то на поверхности дороги остаются продольные вмятины или морщины. Следы от катков могут также быть показателем применения очень горячей, предварительно недоуплотненной асфальтоукладчиком или пластичной смеси. Водитель катка обычно не в состоянии удалить вмятины, появившиеся на текучей или нестабильной смеси. Обычно «мягкая» смесь не выдерживает веса катка до тех пор, пока ее температура не снизится до уровня, при котором повысится вязкость битума, и соответственно жесткость смеси. Однако снижение температуры смеси может не позволить достичь при укатке требуемой плотности асфальтобетонного покрытия, т.к. еще до окончания укатки смесь потеряет свою способность к уплотнению. По этой причине следы от катков, производящих начальную и промежуточную укатку, бывает невозможно устранить в процессе окончательной укатки. Свойства битумов, минеральных материалов и смеси в целом являются факторами, не позволяющими в ряде случаев устранить следы от катков в процессе окончательной укатки.

Если причиной следов катков на поверхности дороги является недостаточное уплотнение, то для правильного уплотнения смеси необходимо выполнить больше проходов при начальном, промежуточном и окончательном уплотнении. Устранение вмятин от катков, обусловленных состоянием смеси, связано с улучшением состава смеси и работы

асфальтобетонного завода. Качество и содержание битума в смеси, свойства заполнителя, и температура смеси оказывают большое влияние на уплотняемость и стабильность смеси в процессе уплотнения. Как правило, бывает невозможно удалить следы от катков, если температура начала уплотнения не понизится до относительно низкого уровня, составляющего обычно 70 °С.

Иногда возможно (в зависимости от условий окружающей среды и свойств смеси) удалить следы от катков посредством применения катка на пневматических шинах. Если поверхность смеси достаточно горячая (+60 °С или выше), то несколько проходов катка на пневматических шинах позволят «отутюжить» поверхность. Грубую поверхность с внешним видом «стиральной доски», образующуюся в результате неправильной работы катка вибрационного действия, следует предупреждать путем правильного использования катка данного типа. Такой дефект, если он появился, невозможно устранить в процессе уплотнения.

Следы от катка на поверхности дороги являются показателем недостаточного уплотнения асфальтобетонного покрытия, Так как величина пористости или плотность покрытия являются главными факторами, влияющими на эксплуатационные характеристики дороги, то при слишком высокой или, наоборот, слишком низкой плотности смеси асфальтобетонное покрытие не может длительно выдерживать транспортные нагрузки.

Уложенную открытую битумоминеральную (БМО) смесь незамедлительно уплотняют пневмокатками, обеспечивающими необходимую глубину уплотнения, требуемую шероховатость поверхности, а также снижающими дробимость щебня при уплотнении. Порядок уплотнения следующий:

При температуре воздуха не ниже 15 °С и скорости ветра не более 5 м/сек: 10–14 проходов пневмокатков по одному следу при температуре смеси 120–140 °С (меньшее число проходов относится к смеси пластичной консистенции, большее – к смесям сыпучей консистенции), а затем 6–10 проходов пневмокатка с повышенным давлением в шинах по одному следу при температуре смеси 90–120 °С (меньшее число проходов относится к смеси пластичной консистенции, большее – к смесям сыпучей консистенции). После первого этапа уплотнения параметры шероховатости составляют 0,8–0,9 от требуемых, а после второго – макрошероховатость, а также плотность и водостойкость слоя достигают требуемых значений. Минимальная температура уплотнения слоев – 40–50°С (в зависимости от вязкости применяемого битума);

При температуре воздуха 5–15 °С и скорости ветра не более 10 м/сек: 5–8 проходов пневмокатков по одному следу при температуре смеси 130–150 °С, а затем 14–18 проходов пневмокатков с повышенным дав-

лением в шинах по одному следу при температуре смеси 100–130 °С. После первого этапа уплотнения и половины проходов катков второго этапа параметры шероховатости составляют 0,8–0,9 от требуемых, а после завершения второго – макрошероховатость, а также плотность и водостойкость слоя достигают требуемых значений.

При использовании щебня с максимальным размером 15(20) мм толщина свежеуложенного слоя составляет 1,8–2,0 (2,3–2,5) см, а окончательно уплотненного – 1,4–1,5 (1,8–2,0) см при расходе 33–35 (45–52) кг/кв.м.

13.6.11. Дефекты сопряжений

При неправильном поперечном соединении полос на поверхности сопряжения появляется бугор или впадина (либо то и другое). Некачественные продольные сопряжения соседних полос, уложенных асфальтоукладчиком, могут иметь разность уровней полос и расслоение смеси.

Причины дефекта и их устранение. Как описано в разделе, посвященном соединению асфальтобетонных полос, основным фактором получения хорошего поперечного сопряжения является применение стартовых колодок для выглаживающей плиты, устанавливаемых с «холодной» стороны сопряжения, при возобновлении укладки новой полосы. Толщина стартовых колодок должна соответствовать толщине вновь укладываемого слоя.

Уплотнение поперечного сопряжения следует производить вдоль него, если это возможно. Важным фактором, обеспечивающим правильное продольное соединение, является минимальное разравнивание смеси в области сопряжения, выполняемое только в целях его формирования. Это выполнимо при условии, что ширина наложения новой полосы на ранее уплотненную не превышает 5 см, и в этом случае разравнивание смеси будет минимальным, и уплотняющее оборудование сможет уплотнить сопряжение надлежащим образом.

Некачественные поперечные сопряжения не обусловят существенного снижения эксплуатационных характеристик дороги, если в процессе укатки будет получена надлежащая плотность. В этом случае отрицательным результатом будет ухудшение условий для движения транспорта. Однако дефектное продольное сопряжение может существенно снизить эксплуатационные характеристики асфальтобетонного покрытия. Неправильно сделанное и укатанное продольное соединение полос будет расходиться, и в результате одна сторона соединения будет ниже другой. Если плотность покрытия недостаточна, то вполне возможно, что под воздействием транспорта произойдет быстрый износ в области сопряжения на всю глубину слоя. Кроме того, соединение получится рыхлым, и, как следствие, будет пропускать воду в нижние слои дорожной одежды.

13.6.12. Неправильная реакция выглаживающей плиты, неравномерность толщины слоя

При регулировке толщины формируемого слоя с помощью рукояток устройства контроля толщины увеличивается или уменьшается угол атаки выглаживающей плиты. По мере продвижения асфальтоукладчика вперед выглаживающая плита соответственно перемещается вверх или вниз до тех пор, пока не будет достигнуто равновесие сил для формирования слоя новой толщины. Если выглаживающая плита не будет реагировать на регулировку, то машинист асфальтоукладчика не сможет изменить толщину укладываемого слоя.

Таким образом, асфальтоукладчик потеряет свою основную функцию (исходя из принципа «плавающей» выглаживающей плиты – способствовать самовыравниванию выглаживающей плиты, необходимому для получения ровного асфальтобетонного слоя).

Причиной неправильной реакции выглаживающей плиты может явиться повышенная скорость асфальтоукладчика, более 24 м/мин. при укладке тонких слоев или более 15 м/мин. при укладке слоя толщиной более 6 см. Исключение составляют асфальтоукладчики производства фирм США, которые допускают более высокие скорости укладки. Механическое состояние выглаживающей плиты также может влиять на ее реакцию. Отсутствие реакции выглаживающей плиты может быть обусловлено тем, что она опирается на цилиндры подъема, которые не были установлены в плавающее положение, или тем, что ослабло механическое соединение в устройстве регулировки толщины формируемого слоя. Кроме того, если используется устройство автоматического контроля продольного уклона, причиной отсутствия реакции выглаживающей плиты может быть неправильное расположение датчика. Если максимальный размер частиц в смеси слишком велик в сравнении с толщиной укладываемого слоя, то выглаживающая плита будет опираться и/или тащить за собой самые крупные частицы. В результате выглаживающая плита будет не в состоянии изменить свой угол атаки, и, следовательно, реагировать на регулировку с помощью рукоятки устройства контроля толщины слоя. Вариации в температуре смеси могут также привести к этому дефекту, так как изменение жесткости смеси будет постоянно менять баланс сил, действующих на выглаживающую плиту, которая в свою очередь будет стремиться восстановить их равновесие.

Чтобы устранить этот дефект, необходимо, чтобы асфальтоукладчик и выглаживающая плита поддерживались в хорошем рабочем состоянии. Датчик устройства автоматического контроля продольного уклона должен быть расположен или у точки подвески тягового бруса, или за точкой оси поворота выглаживающей плиты. Датчик должен

быть смонтирован на расстоянии 1/3 длины тягового бруса. Если выдержали правильное соотношение между толщиной слоя и максимальным размером частиц заполнителя, то выглаживающая плита будет в состоянии реагировать на регулировку с помощью рукоятки устройства контроля толщины слоя.

Выглаживающая плита, не реагирующая на регулировку толщины, формирует неровное асфальтобетонное покрытие, при этом она теряет свою способность самовыравнивающего действия. Она не может ни уменьшить количество смеси, укладываемое на возвышенные участки существующей дороги, ни увеличить количество смеси на пониженных участках. В результате эксплуатационные характеристики дороги значительно снижаются.

13.6.13. Продольные трещины вдоль полотна при работе гладковальцовых катков

Причины возникновения. Неравномерно уплотнено или непрочное основание. Сдвиг от тяжелого катка при резком повороте, уплотнение слишком горячей смеси и/или нестабильной смеси или смеси «жирной» с большим содержанием вяжущего, некачественное сцепление с ремонтируемым слоем.

Влияние дефекта на эксплуатационные характеристики покрытия. В результате нарушения ровности, сплошности поверхности покрытие будет насыщаться водой. Из-за неровностей будет возрастать динамическое воздействие нагрузки, что ведет к сокращению срока службы.

13.6.14. «Шнековые тени»

«Шнековые (поверхностные) тени» это темные участки, появляющиеся на поверхности асфальтобетонного покрытия (рис. 13.87). В большинстве случаев поверхностные тени не видны до тех пор, пока по дороге не начнется интенсивное движение транспорта, и часть битумной пленки не будет стерта колесами машин.

«Шнековые тени» можно увидеть при определенном солнечном освещении, например, когда солнце находится низко над горизонтом, только под определенным углом зрения к покрытию, а если смотреть прямо вперед, обычно их не заметно. Однако в некоторых случаях тени заметны сразу же во время укладки асфальтобетонной смеси. Но даже такие тени, как правило, исчезают после уплотнения покрытия катками. «Шнековые тени» могут идти по всей ширине укладываемого слоя или занимать часть полосы.

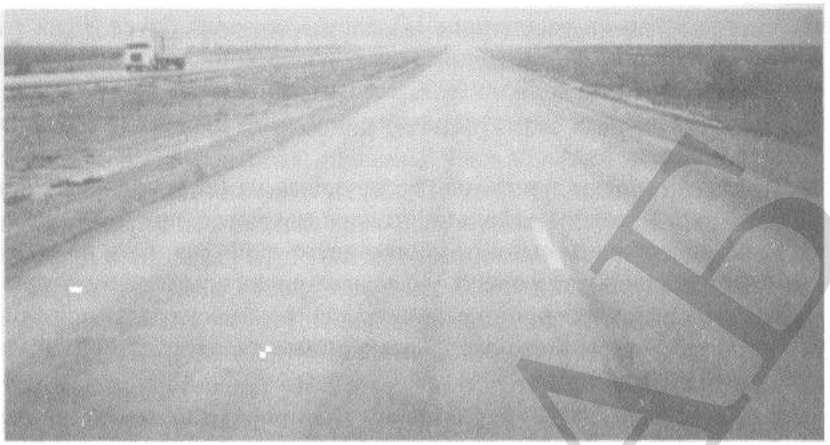


Рис. 13.87. Шнековые тени на поверхности уплотненного покрытия.

Причины возникновения дефекта. Основной причиной появления «шнековых теней» является перегрузка шнековой камеры асфальтоукладчика. Если количество материала, подаваемого шнековой камерой, полностью закрывает шнеки, то на выглаживающую плиту будут действовать постоянно меняющиеся силы. Промежутки между тенями на поверхности обычно соответствуют циклам включения-выключения шнековых питателей при избыточной подаче смеси. Каждый раз, когда шнековая камера переполняется смесью, на поверхности укладываемого слоя начинают образовываться «тени», которые впоследствии появятся и на поверхности покрытия.

На большинстве асфальтоукладчиков можно регулировать расстояние между выглаживающей плитой и самоходным шасси. Для этого разъединяют болтовое крепление на тяговом брусе и продвигают шасси вперед, выглаживающая плита при этом занимает неподвижное положение на асфальтобетонном слое. В зависимости от типа и модели асфальтоукладчика расстояние между самоходным шасси и выглаживающей плитой можно изменять в пределах 10 см. Обычно, количество теней увеличивается, когда выглаживающая плита расположена на самом большом расстоянии от шасси, а в шнековую камеру поступает избыточное количество смеси и камера ею переполняется.

Считается, что темные области на поверхности (поверхностные тени) появляются в результате небольшого повышения плотности смеси, обусловленного пуском шнековых питателей (работающих в режиме пуск-остановка), когда происходит увеличение подачи смеси под выглаживающую плиту. С тенями не связано какое-либо изменение в текстуре поверхности укладываемого слоя. Интенсивность теней обычно повышается при увеличении пластичности асфальтобетонной смеси.

Устранение дефекта

Асфальтобетонная смесь должна подаваться в шнековую камеру таким образом, чтобы уровень смеси доходил приблизительно до середины шнекового вала. Это означает, что питатели загрузочного бункера должны быть устроены таким образом, чтобы шнеки работали непрерывно практически все время (близко к 100%), пока асфальтоукладчик движется вперед, чтобы свести к минимуму необходимость выключений последующего включения шнековых питателей. Ни в коем случае нельзя допускать переполнения смесью шнековых камер. Кроме того, расстояние между выглаживающей плитой и самоходным шасси асфальтоукладчика следует несколько сократить для того, чтобы количество смеси в шнековой камере уменьшилось и давление материала на выглаживающую плиту снизилось.

13.6.15. Дефекты при устройстве покрытий из щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА)

Дефекты получаемые при устройстве покрытий из ЩМА могут быть связаны с качеством смеси, а именно: избыток вяжущего, недостаточное количество стабилизирующей добавки, неоптимальный зерновой состав.

Избыток вяжущего или недостаточное содержание стабилизирующей добавки может привести к образованию битумных пятен на уложенном слое. Следует заметить, что практика показала, что на визуально лоснящейся поверхности коэффициент сцепления колеса автомобиля с покрытием составляет примерно 0,25, тогда как на поверхности с качественной структурой этот показатель достигает величины 0,40 и более.

Нарушение зернового состава минеральной части может привести к расслоению смеси, что приведет к неоднородности структуры покрытия.

Кроме того дефекты могут возникать из-за нарушения технологии устройства покрытия. Основной ошибкой, которую допускают производителя работ – уплотнение слоя ЩМА пневмокатками. Замечено при температуре уложенного слоя выше 70–80 °С воздействие пневматиков приводит к «вытягиванию» битума на поверхность, и, в конечном итоге, к образованию «лоснящейся» поверхности. Замечено также, что в тех случаях, когда движение автотранспорта открывается раньше, чем уложенный и уплотненный слой остынет до температуры 50 °С, наблюдается такой же эффект.