

Министерство образования и науки Российской Федерации
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

УПЛОТНЕНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ГОРОДСКИХ ДОРОГ

Научно-практические рекомендации

Составители С. В. Алексиков, А. А. Ермилов



© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный
архитектурно-строительный университет», 2014

Волгоград
ВолгГАСУ
2014

УДК 625.855.3(07)
ББК 39.311-060.6я7
У668

У668 **Уплотнение** асфальтобетонных покрытий городских дорог [Электронный ресурс]: научно-практические рекомендации / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т; сост. С. В. Алексиков, А. А. Ермилов. — Электронные текстовые и графические данные (777 Кбайт). — Волгоград : ВолГАСУ, 2014. — Электронное издание сетевого распространения. — Систем. требования: PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0. — Официальный сайт Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/> — Загл. с титул. экрана.

Изложена методика организации уплотнения асфальтобетонных покрытий городских дорог. Содержится информация о методах повышения однородности уплотнения горячих асфальтобетонных смесей. Приведена методика статистического контроля качества уплотнения покрытий при производстве дорожных работ.

Для студентов очной, заочной и сокращенной форм обучения направления 190700 «Технология транспортных процессов» (профиль «Организация и безопасность движения»), магистрантов направления 270800 «Строительство» (профиль «Автомобильные дороги и аэродромы»), аспирантов специальности 05.23.11, преподавателей вузов и инженерно-технических работников производственных предприятий.

УДК 625.855.3(07)
ББК 39.311-060.6я7

Оглавление

Введение.....	4
1. Особенности дорожно-ремонтных работ в городских условиях.....	4
2. Критерии оценки качества устройства асфальтобетонных покрытий.....	6
3. Организация и технология уплотнения дорожных покрытий городских дорог.....	6
3.1. Формирование звена катков.....	6
3.2. Организация и технология уплотнения асфальтобетонных покрытий.....	14
4. Контроль качества работ.....	17
4.1. Методы измерения плотности асфальтобетонных покрытий.....	17
4.2. Статистический контроль качества.....	18
Библиографический список.....	19
Приложение 1. Статическая уплотняющая способность дорожных катков.....	20
Приложение 2. Динамическая уплотняющая способность дорожных катков.....	22

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире глобальной автомобилизации проблема качественных дорог стала наиболее актуальной. Ежегодно для ремонта транспортной сети России выделяются огромные экономические и финансовые ресурсы, применяются различные, в том числе и инновационные дорожные технологии, среди которых использование ЦМА, сероасфальтобетона, дополнительное армирование слоев дорожной одежды геосетками и многое другое. Однако каждую весну асфальтобетон «пестрит» трещинами, выбоинами и другими структурными дефектами.

В условиях существующей дорожной проблемы важной задачей является совершенствование организаций и технологий уплотнения покрытий городских дорог. Ключевым моментом в структуре модернизации технологических процессов устройства дорожного покрытия рассматривается проектирование организации уплотнения асфальтобетонных покрытий, которое заключается в оптимизации состава механизированного звена дорожных катков с учетом характеристик применяемой асфальтобетонной смеси, погодных условий (скорость ветра, температура воздуха) и времени производства работ, что в городских условиях существенно влияет на качество и продолжительность дорожных работ.

В представленных научно-практических рекомендациях особое внимание уделено совершенствованию методов уплотнения дорожных покрытий городских дорог за счет создания прогрессивной методики формирования состава уплотняющего механизированного звена и режимов его работы.

1. ОСОБЕННОСТИ ДОРОЖНО-РЕМОНТНЫХ РАБОТ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

Производство дорожно-ремонтных работ в городской среде имеет свою специфику. Традиционные технологии уплотнения горячих асфальтобетонных смесей не учитывают тот факт, что в городе производство работ осуществляется в «стесненных» условиях, когда проезжая часть наиболее загружена транспортом. Поэтому при организации работ по уплотнению дорожных покрытий следует учитывать следующие особенности:

1. Уплотнение асфальтобетонной смеси выполняется на ограниченном фронте работ в минимальные сроки.

2. Открытие интенсивного движения на отремонтированных участках в кратчайшие сроки (через несколько часов) предъявляет повышенные требования к плотности дорожного покрытия. Недоуплотнение асфальтобетонной смеси, особенно в условиях интенсивной эксплуатации дорожного покрытия на стадии формирования прочной структуры асфальтобетона, приводит к развитию колейности на отремонтированных участках дорог.

3. На дорожном покрытии имеются зоны, труднодоступные для укатки крупногабаритными катками (бордюры, люки, трамвайные пути, карманы

для остановки и стоянки автотранспорта и т. п.). Вследствие этого образуются участки с недостаточным уплотнением дорожного покрытия.

4. В местах остановки и торможения городского транспорта (перекрестки, примыкания, переезды), на участках с большим уклоном возникают многократные воздействия касательных напряжений, что приводит к локальным нарушениям условия прочности материала на сдвиг. На остановках общественного транспорта часто происходят сдвиги не только в продольном, но и в поперечном направлении с отжиманием материала покрытия в сторону бордюра и образованием колеи. Кроме этого, на подъезде к перекресткам образуются такие деформации асфальтобетонных покрытий, как волны [1]. Данные дефекты возникают из-за недостаточного уплотнения и неправильной рецептуры смеси на дорожном покрытии. В связи с чем, необходимы более жесткие требования к асфальтобетонным смесям и их уплотнению.

5. Укладку и уплотнение асфальтобетонной смеси производят, зачастую, на неровном старом покрытии, что также предъявляет жесткие требования к качеству уплотнения асфальтобетона.

6. Транспортировка смеси в городе, нередко, происходит в условиях плотного транспортного потока, частых дорожных заторов и остановок автосамосвала. Это приводит к остыванию поверхностного слоя горячей асфальтобетонной смеси в местах ее контакта с воздухом и кузовом самосвала. При транспортировке тяжелые фракции смеси осаждаются на дно самосвала. Образовавшаяся в результате этого температурная и фракционная сегрегация вызывает неоднородную плотность асфальтобетона.

7. Во время уплотнения, необходимо особое внимание уделять поперечным и продольным швам сопряжения старого и нового асфальтобетонного покрытия. В этих местах происходит разрушение покрытия из-за его недостаточного уплотнения.

8. При ширине проезжей части более 14 метров, а также на площадях и перекрестках улиц уплотнение производится по взаимно перпендикулярным направлениям или по диагонали, что меняет организацию и технологию работ.

В большинстве случаев наблюдается недоуплотнение асфальтобетона по краям «карты» и увеличение плотности в ее центре. Это обусловлено нехваткой малогабаритной уплотняющей техники в подрядных организациях, а также несоблюдением принятой технологии производства работ. При разгрузке горячей смеси вручную валец дорожного катка, с габаритами, превышающими размеры уплотняемого участка, в процессе работы заезжает на старое покрытие и не уплотняет смесь в соответствии с нормативными требованиями. При использовании только вибротрамбовок нормативная плотность асфальтобетона не обеспечивается, наблюдается эффект «выглаживания» покрытия. По окончании работы катка необходимо дополнительно уплотнять границы ремонтируемого участка виброплитами.

2. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УПЛОТНЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Качество уплотнения горячих асфальтобетонных смесей оценивается по среднему коэффициенту уплотнения материала (плотность) и его однородности (коэффициент вариации уплотнения). Значения данных характеристик зависят от типа смеси, вида применяемой уплотняющей дорожной техники, режимов ее работы и др.

Для уплотнения смесей применяются различные катки. Наиболее производительными являются вибрационные, которые работают в трех режимах: в статическом (вибраторы отключены), комбинированном (вибратор включен на одном вальце), динамическом (работают оба вибратора), и применяются на различных этапах уплотнения горячих асфальтобетонных смесей. Каждый режим обусловлен определенным количеством проходов по одному следу, скоростью движения, вибрационными параметрами: амплитуда и частота колебаний вальца, вынуждающая сила (при работе в динамическом режиме).

Для каждого дорожного катка существует определенный промежуток процесса устройства покрытия, в котором его использование наиболее продуктивно. Применение вибрационных катков только в статическом режиме, с постепенным увеличением массы часто не обеспечивает требуемое значение коэффициента уплотнения. Динамический режим работы эффективен в определенных температурных интервалах горячей асфальтобетонной смеси, при которой вибрация не вызывает структурных разрушений покрытия. Рациональная работа вибрационных катков повышает средний коэффициент уплотнения смеси и снижает коэффициент вариации.

При работе катков распределение плотности асфальтобетона изменяется в поперечном направлении в зависимости от количества проходов используемых катков. Наибольший коэффициент уплотнения наблюдается, как правило, в середине участка производства работ.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ УПЛОТНЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ГОРОДСКИХ ДОРОГ

3.1. Формирование звена катков

Формирование отряда дорожных катков, организация и технология их работы основываются на требованиях СНиП 3.06.03 – 85, СП 78.13330. 2012 и предусматривают наличие трех типов катков (статического, вибрационного, комбинированного, пневматического или осцилляционного воздействия) для, соответственно, начального, промежуточного и заключительного этапов уплотнения. Воздействие применяемых катков на смесь обычно оценивается их массой. Этим принципом в настоящее время руководствуется большинство подрядчиков, что не всегда является правильным.

Проектирование организации технологического процесса уплотнения горячих асфальтобетонных смесей рекомендуется выполнять по блок-схеме (рис 1).

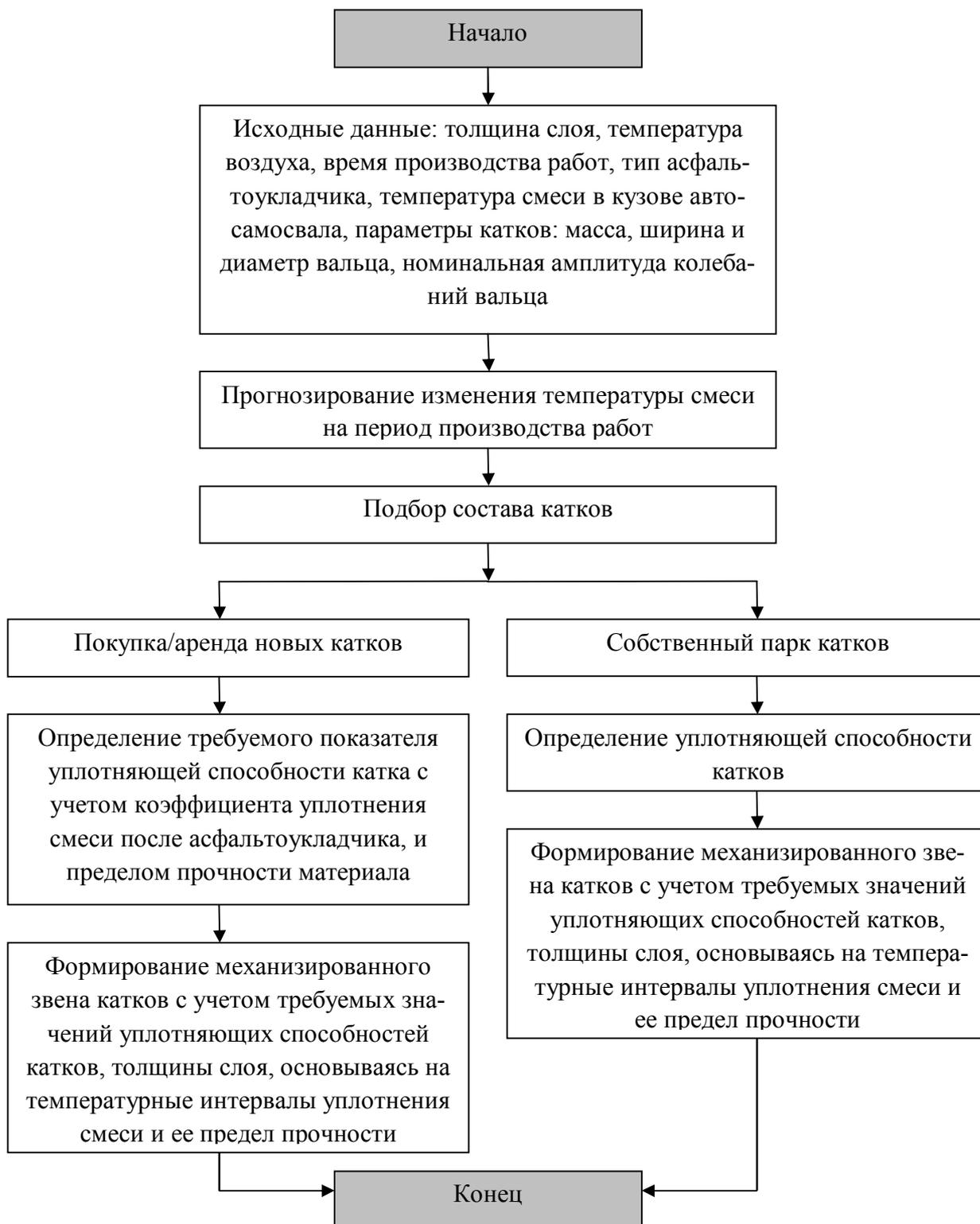


Рис. 1. Блок-схема проектирования состава дорожных катков

Перед формированием состава катков выполняют прогнозирование изменения температуры горячих асфальтобетонных смесей, которое зависит от

времени уплотнения материала (t , мин), температуры окружающего воздуха (T , °C) и толщины устраиваемого слоя покрытия (h , см):

$$T^p = 23,17126 \cdot t^{-0,093874} \cdot T_{\text{возд}}^{-2,806396} h^{6,321415}, \quad (1)$$

Динамика охлаждения асфальтобетонной смеси приведена на рис. 2 и 3.

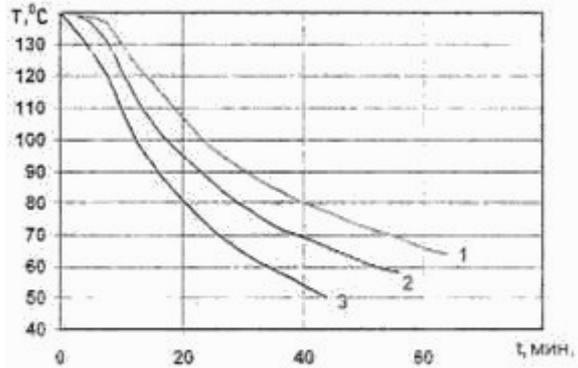


Рис. 2. Остывание слоя асфальтобетона толщиной 5 см в плотном виде при умеренном ветре, где t — время после укладки смеси, мин.; T — температура слоя, °C; 1 — температура основания 23-25° C; 2 — температура основания 12-14° C; 3 — температура основания 4-5° C (извлечение из [2])

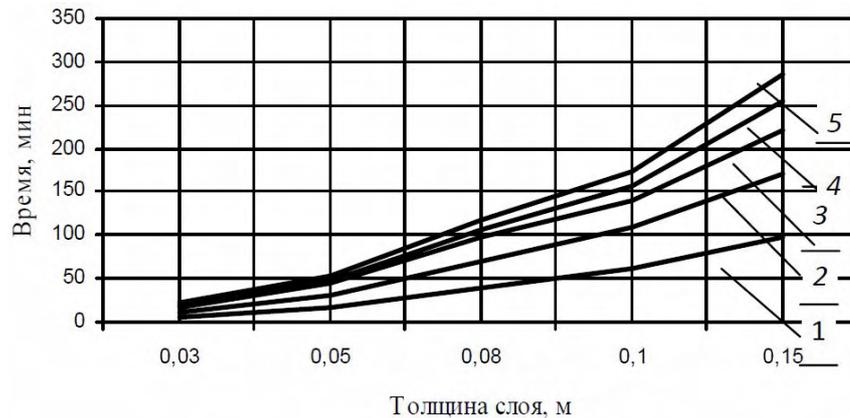


Рис. 3. Зависимость продолжительности охлаждения слоя от толщины при разных температурах укладываемых смесей, где 1 — 80° C; 2 — 100° C; 3 — 120° C; 4 — 140° C; 5 — 160° C (извлечение из [3])

В зависимости от производственной ситуации подбор состава катков отличается.

При использовании дорожной техники только из имеющегося парка машин алгоритм формирования звена катков следующий:

1. Определяется индекс уплотняющей способности катков (p_k), [4-6]:

$$p_k = \sqrt[3]{\frac{F^2}{B^2 D}} \sqrt{\frac{\Delta_E}{\Delta_h}} \quad (\text{кгс/см}^2), \quad (2)$$

где F — общая сила воздействия катка на уплотняемую асфальтобетонную смесь, кгс; B — ширина вальца катка, см; D — диаметр вальца катка, см; $\Delta_h = 1$ см (10 мм), $\Delta_E = 1$ кгс/см² (10 МПа) — единичные значения толщины слоя и модуля деформации.

Общая сила воздействия статического катка на уплотняемый материал составляет [4]:

$$F_{ст} = Q_{ст} \quad (3)$$

где $Q_{ст}$ — нагрузка вальца от силы веса статического катка.

Общая сила воздействия вибрационного катка на асфальтобетонную смесь равна [4]:

$$F_{в} = Q_{в} + R_{в} = Q_{в} + a_0 \tau_{ср} P_0, \quad (4)$$

где $Q_{в}$ — нагрузка вальца от силы веса вибрационного катка; $R_{в}$ — переменная величина силы вибровозбудителя вибрационного катка; $a_0 = A_0/A_{00}$ — относительное значение реальной амплитуды колебаний вальца A_0 в долях номинального (паспортного) ее значения A_{00} : на начальном этапе виброуплотнения асфальтобетонной смеси принято $a_0=1,05-1,10$, в промежуточном — $a_0=1,45-1,50$, в конце — $a_0=1,75-1,85$; $\tau_{ср} = T/4 \odot = 0,375$ — среднее значение относительного времени перехода от импульса силы к силе вибрационного воздействия (изменяется в пределах 0,25- 0,50) [3, 4], где $T = 1/f$ — период колебаний вальца с частотой f (Гц); \odot — время действия сил $F_{в}$ и $R_{в}$; P_0 — максимальная амплитуда центробежной силы вибрирующего вальца катка.

2. Определяют контактные давления катков в зависимости от их уплотняющей способности и режимов работы (рис. 4 и 5).

Максимальные контактные давления вибрационного или статического дорожного катка [4-6]:

$$\sigma_0 = \frac{3}{2} \sqrt[3]{\frac{F^2 E_0^2}{B^2 D h_0}} = \frac{3}{2} P_k \sqrt[3]{\frac{E_0 \Delta_h}{h_0 \Delta_E}}; \quad (5)$$

Модуль деформации смеси (для битума БНД 60/90) в зависимости от коэффициента уплотнения (K_y) и ее температуры (T , °С):

$$E_0^p = 16322,5 \cdot K_y^{16,7162} \cdot T^{-0,8589} \quad (6)$$

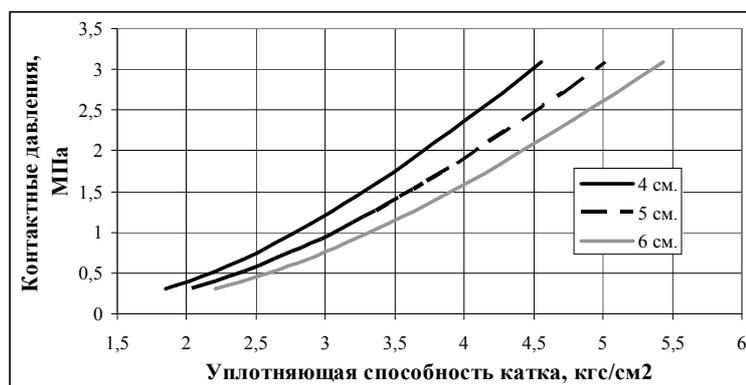


Рис. 4. Зависимость контактных давлений катков в статическом режиме от их уплотняющей способности

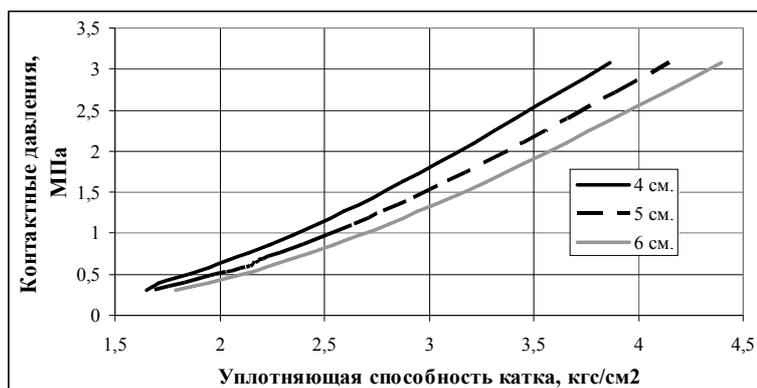


Рис. 5. Зависимость контактных давлений катков в динамическом режиме от их уплотняющей способности

3. Механизированный отряд формируется в соответствии с рекомендуемыми температурными интервалами уплотнения горячих асфальтобетонных смесей (табл. 1), частотой колебаний виброплиты асфальтоукладчика (рис. 6-9) и пределом прочности смеси (рис. 10).

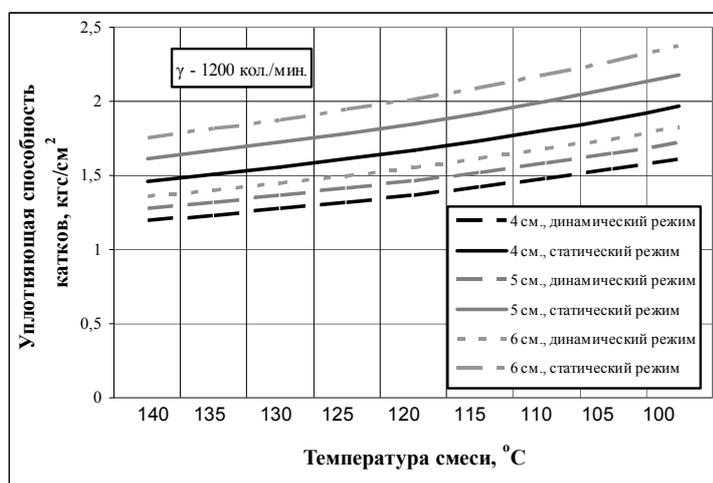


Рис. 6. Уплотняющая способность катков после прохода асфальтоукладчика с частотой 1200 кол/мин

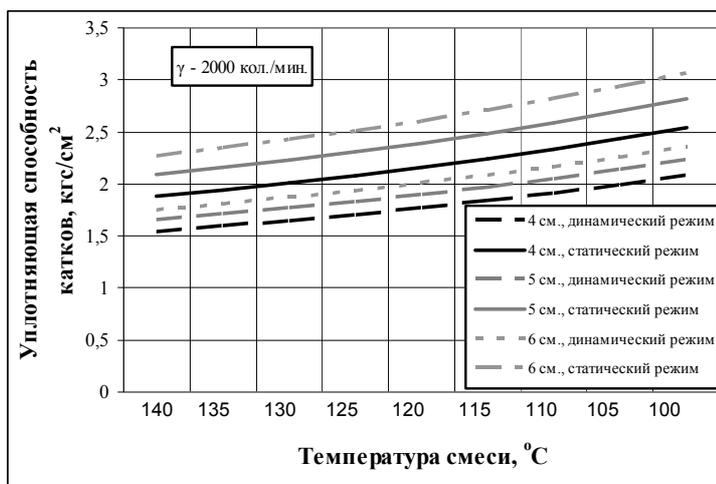


Рис. 7. Уплотняющая способность катков после прохода асфальтоукладчика с частотой 2000 кол/мин

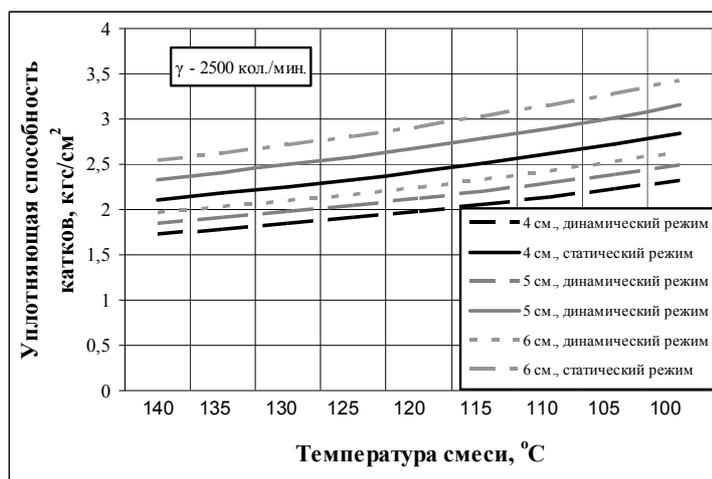


Рис. 8. Уплотняющая способность катков после прохода асфальтоукладчика с частотой 2500 кол/мин

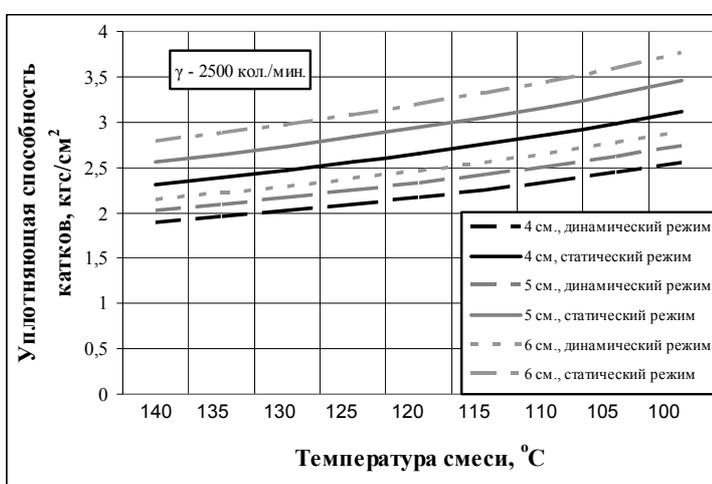


Рис. 9. Уплотняющая способность катков после прохода асфальтоукладчика с частотой 3000 кол/мин

Таблица 1

Требуемая температура асфальтобетонной смеси при устройстве покрытия

Тип асфальтобетонной смеси	Рекомендуемая температура уплотнения, °C		Рациональный температурный режим уплотнения слоя на различных этапах, °C		
	начальная	критическая	предварительном	промежуточном	заключительном
А	140...160	75...80	от 140...145 до 120...125	от 120...125 до 95...100	от 95...100 до 75...80
Б	120...140	70...75	от 125...130 до 105...110	от 105...110 до 85...90	от 85...90 до 70...75
В	110...130	60...65	от 115...120 до 100...105	от 100...105 до 80...85	от 80...85 до 60...65

Г	120...140	70...75	от 125...130 до 105...110	от 105...110 до 80...90	от 85...90 до 70...75
Д	100...120	60...65	от 105...110 до 85...90	от 85...90 до 70...75	от 70...75 до 60...65

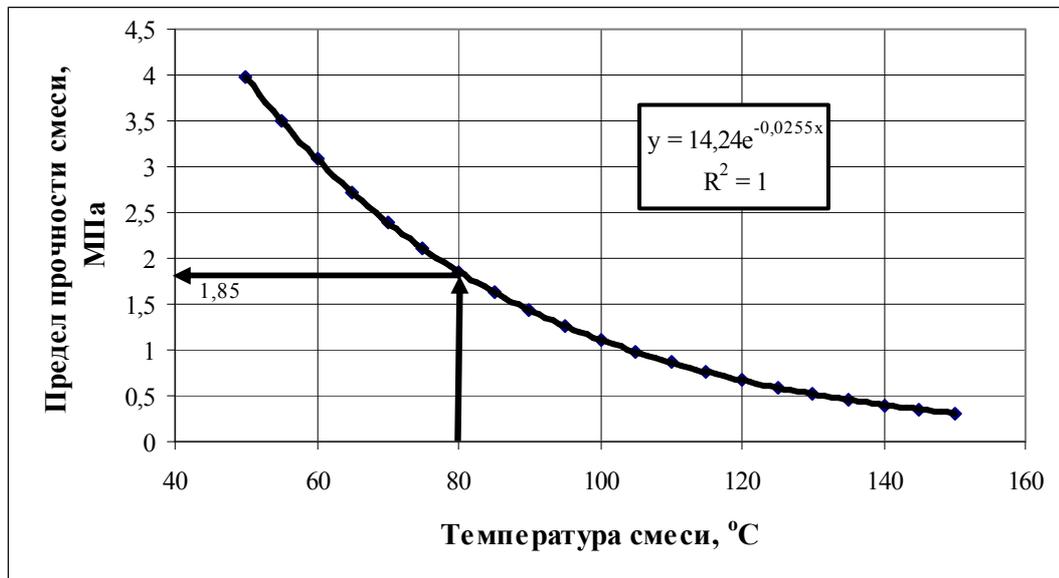


Рис. 10. Предел прочности смеси

При покупке или аренде дорожной техники подбор катков для уплотнения смеси подразделяется на следующие этапы:

1. Уплотняющая способность первого катка подбирается с учетом частоты колебаний виброплиты асфальтоукладчика по рис. 6-9.

2. Последующие катки подбираются на основании рекомендуемых температурных режимов смеси и в соответствии с требуемой уплотняющей способностью катков (по рис. 11 и 12), которые для асфальтобетонных смесей на битуме БНД 60/90 зависят от толщины слоя (h , см.), коэффициента уплотнения смеси (K_y) и ее температуры (T , °C):

в статическом режиме работы:

$$p_k^s = 39,4521 \cdot h^{0,45744} \cdot K_y^{1,38529} \cdot T^{-0,6776} \quad (7)$$

в динамическом режиме работы:

$$p_k^d = 38,5623 \cdot h^{0,31344} \cdot K_y^{1,38294} \cdot T^{-0,6736} \quad (8)$$

Показатели уплотняющей способности катков не всегда соответствуют пределу прочности смеси. Работы по укладке горячей асфальтобетонной смеси, толщиной 4 см, 5 см и 6 см не рекомендуется выполнять с частотой колебаний виброплиты асфальтоукладчика $\gamma = 3000$ кол/мин, так как уплотняющая способность катков после прохода асфальтоукладчика превышает предел прочности смеси в покрытии.

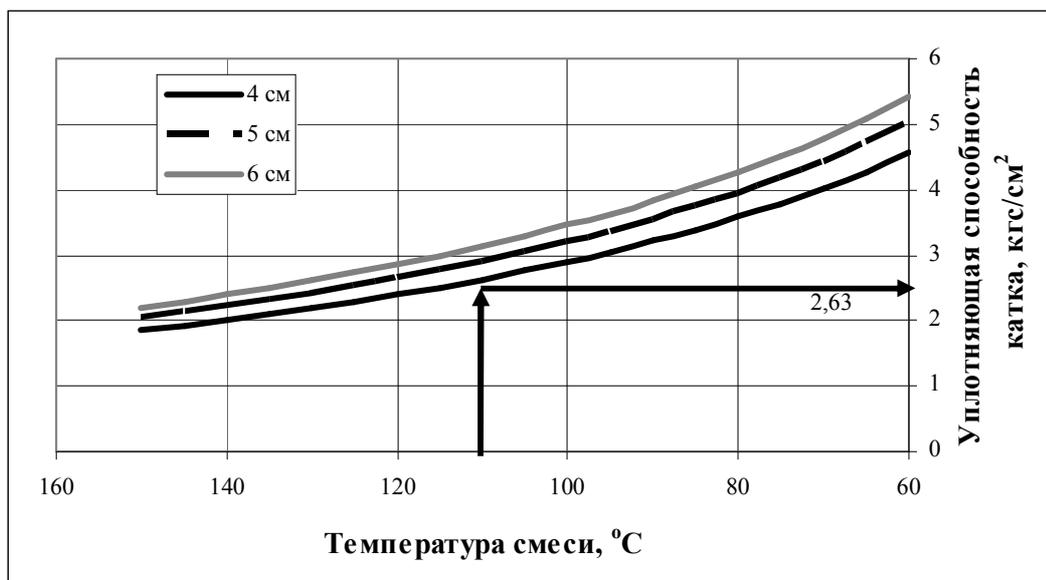


Рис. 11. Максимальные требуемые значения статической уплотняющей способности катков

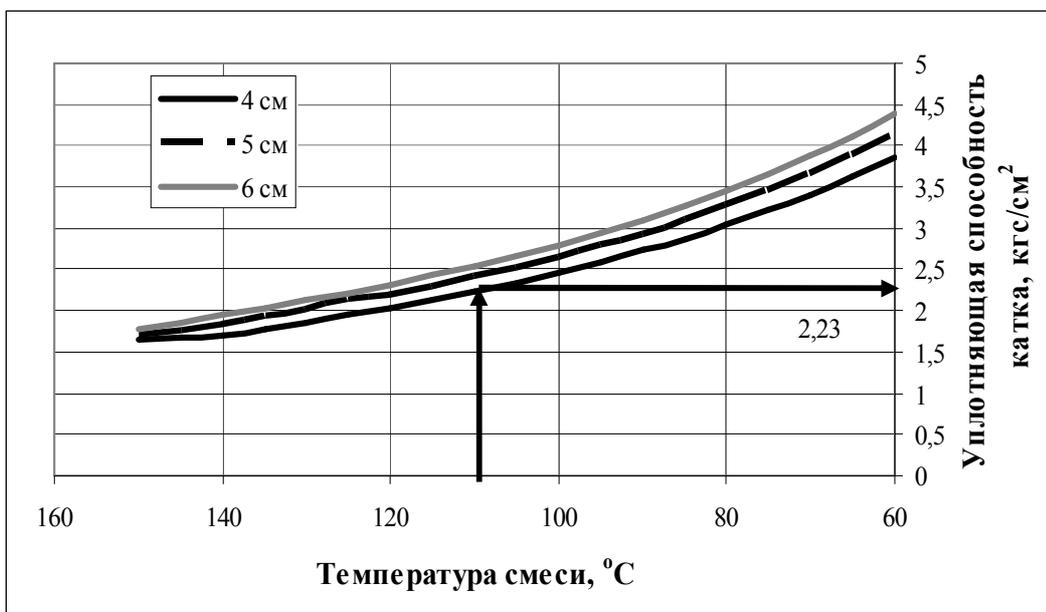


Рис. 12. Максимальные требуемые значения динамической уплотняющей способности катков

При укладке смеси толщиной 4-6 см асфальтоукладчиком с частотой колебаний виброплиты $\gamma = 2500$ кол/мин рекомендуется применение катков в динамическом режиме работы в интервале температур 135-100° С.

При уплотнении смеси в статическом режиме рациональный интервал температуры составляет: для слоя 4 см — 115-100° С, для слоя 5-6 см — 110-100° С (рис. 8).

Статическая и динамическая уплотняющая способность дорожных катков приведена в приложениях 1 и 2.

3.2. Организация и технология уплотнения асфальтобетонных покрытий

Организация работ по уплотнению покрытия производится согласно графика работы катков (рис. 13). На графике отображаются контактные давления катков и предел прочности смеси в МПа при соответствующих температурных интервалах. Контактные давления катков не должны превышать предел прочности смеси. Рационально подобранные катки и режимы их работы позволяют уплотнить асфальтобетонную смесь качественно с эксплуатацией меньшего количества дорожной техники (использование различных режимов работы вибрационного катка на нескольких этапах уплотнения).

Рассмотрим организацию уплотнения горячей асфальтобетонной смеси: тип Б, толщина слоя 5 см, при средней температуре окружающего воздуха $T_{\text{возд}} = 20^\circ \text{C}$. Укладка смеси выполняется асфальтоукладчиком с частотой колебаний виброплиты 2500 кол/мин.

По таблице 1 назначаем температурные интервалы уплотнения смеси. По формуле (2) определяем интенсивность остывания смеси на период производства работ. По рис. 6 фиксируем, что для уплотнения на начальном этапе при температуре смеси 125°C максимальные уплотняющие способности составляют: в статическом режиме — $2,583 \text{ кгс/см}^2$, динамическом — $2,043 \text{ кгс/см}^2$. Для уплотнение смеси в статическом режиме принимаем каток Ammann ARX 36 ($2,381 \text{ кгс/см}^2$) (приложение 1).

Промежуточный этап уплотнения выполняется в температурном интервале $105 \dots 85^\circ \text{C}$. Для более однородного уплотнения горячей смеси назначаем динамический режим работы катка. По рис. 10 определяем максимальную уплотняющую способность катка — $2,520 \text{ кгс/см}^2$. Применяем тот же каток Ammann ARX 36, но изменяем режим работы ($2,511 \text{ кгс/см}^2$, по приложению 2).

Заключительный этап уплотнения выполняется в интервале температур $85 \dots 70^\circ \text{C}$. Назначаем динамический режим работы катка с максимальной уплотняющей способностью $3,088 \text{ кгс/см}^2$. По приложению 2 принимаем дорожный каток Hamm DV 90 VO ($3,08 \text{ кгс/см}^2$).

Определив состав катков, рассчитываем их контактные давления в процессе укатки покрытия (рис. 4-5) и строим график (рис. 13).

Рассчитываем коэффициент уплотнения асфальтобетонной смеси (на битуме БНД 60/90), который зависит от уплотняющей способности катка (кгс/см^2), толщины слоя (см) и температуры смеси ($^\circ \text{C}$):

в статическом режиме работы

$$K_y^s = 1,258 \cdot p_k^{0,16} \cdot h^{-0,05658} \cdot T^{-0,091769} \quad (9)$$

в динамическом режиме:

$$K_y^d = 1,261 \cdot p_k^{0,16169} \cdot h^{-0,05658} \cdot T^{-0,08} \quad (10)$$

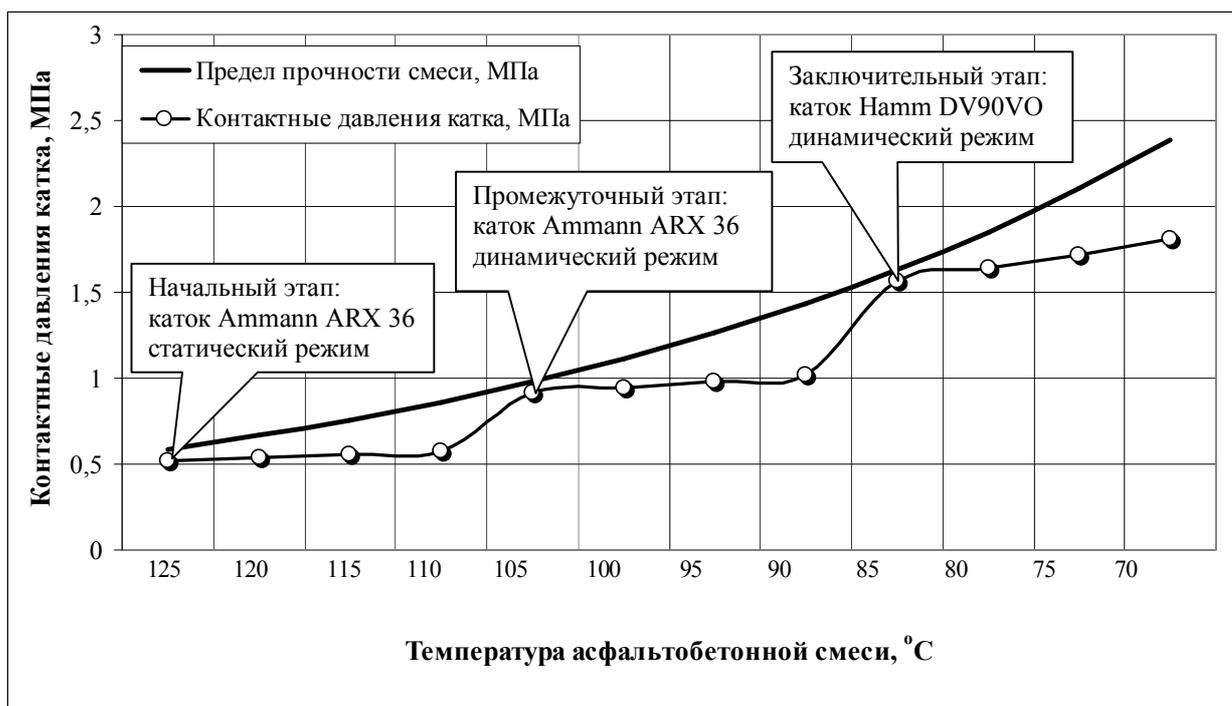


Рис. 13. Изменение предела прочности смеси и контактных давлений катков при уплотнении дорожных покрытий

Температурные режимы уплотнения смеси используют для смены дорожных катков в производственном процессе. Значение коэффициента уплотнения смеси позволяет определить период окончания производства работ. Для принятой организации работ конечный коэффициент уплотнения смеси равен (10):

$$K_y^d = 1,261 \cdot 3,08^{0,16169} \cdot 5^{-0,05658} \cdot 70^{-0,08} = 0,98 \dots 0,99.$$

При завершении процесса уплотнения смеси до температуры 60° С, коэффициент уплотнения будет равен:

$$K_y^d = 1,261 \cdot 3,08^{0,16169} \cdot 5^{-0,05658} \cdot 60^{-0,08} = 1,00.$$

Начальная скорость уплотнения для всех катков должна быть в пределах 1,5-2 км/ч, после 4-6 проходов ее увеличивают до: 3-5 км/ч — для глаковальцовых статических, до 2-3 км/ч — для вибрационных, до 5-8 км/ч — для пневмошинных. Количество проходов катка по ширине устраиваемого покрытия определяется по формуле:

$$n = \frac{(1,1 \dots 1,3)B}{b}, \quad (11)$$

где В — ширина устраиваемого покрытия; b — ширина уплотняемой поверхности катком (ширина вальцов).

Количество проходов катков назначается с учетом скорости их движения и темпом охлаждения смеси (2):

1. **Начальный этап.** При скорости катка 1,5 км/час 100 м покрытия каток пройдет за 4 мин. До температуры 105° С смесь остынет за 15 мин. Получаем: 15/4 = 4 прохода по следу.
2. **Промежуточный этап.** При скорости уплотнения 2 км/час 100 м покрытия каток пройдет за 3 мин. До температуры 85° С смесь остынет за 30 мин., что составляет 15 мин работы. Получаем: 15/3 = 4...6 проходов по следу.
3. **Заключительный этап.** При скорости уплотнения 2 км/час 100 м покрытия каток пройдет за 3 мин. До температуры 70° С смесь остынет за 55-60 мин, что составляет 25-30 мин работы. Получаем: 25-30/3 = 8...10 проходов по следу.

Толщина устраиваемого слоя асфальтобетона обычно составляет 4-6 см. Проплешины на поверхности уложенного слоя асфальтобетонной смеси необходимо устранять вручную с последующим использованием виброплиты за один проход по следу для обеспечения предварительного уплотнения.

Оценка однородности уплотнения горячих асфальтобетонных смесей выполняется по схеме, представленной на рис. 14.



Рис. 14. Блок – схема оценки однородности уплотнения асфальтобетонного покрытия

Коэффициент вариации плотности смеси зависит от ее температуры (T , °С), уплотняющей способности катка (p_k , кгс/см²), количества проходов по следу (n), толщины слоя (h , см):

$$C_v^p = 0,00145 \cdot T^{0,35037} \cdot p_k^{-3,2743} \cdot n^{0,13682} \cdot h^{2,97968} \quad (12)$$

Зависимости (1 и 12) позволяют прогнозировать изменение температуры и однородности асфальтобетонной смеси при толщине 5-6 см и температуре окружающего воздуха 20...23°С и 30...35°С соответственно.

По окончании расчета необходимо сверять полученные данные коэффициента вариации уплотнения горячих асфальтобетонных смесей с рекомендуемыми значениями [7] (табл. 2). В случае превышения полученных значений над требуемыми следует корректировать состав уплотняющего звена в сторону повышения однородности уплотнения слоя: изменение режимов работы катков и их марок, понижения температурного порога начала уплотнения.

Рассчитаем коэффициент вариации плотности горячей асфальтобетонной смеси: тип Б, толщина слоя 5 см. (рис. 13), при общем количестве проходов катков $n = 24$. Получаем оценку качества уплотнения смеси «отлично» (см. табл. 2):

$$C_v^p = 0,00145 \cdot 70^{0,35037} \cdot 3,08^{-3,2743} \cdot 24^{0,13682} \cdot 5^{2,97968} = 0,03.$$

При других условиях производства работ (температура воздуха и толщина слоя) количество проходов назначается по СНиП 3.06.03 – 85 и своду правил СП 78.13330. 2012, коэффициент вариации смеси определяется при контроле качества работ, смену катков выполняют с соблюдением температурного режима уплотнения смеси (рис. 2 и 3).

4. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТ

4.1. Методы измерения плотности асфальтобетонных смесей

Согласно СНиП 3.06.03 – 85 и своду правил СП 78.13330. 2012 контроль качества ремонтных работ производится по показателям вырубки (кернов) готового полуфабриката в трех местах на 3000 м². Керны из горячих и теплых асфальтобетонных смесей отбирают через 1-3 суток, из холодных — через 15-30 суток после процесса уплотнения. По результатам лабораторных исследований получают значение коэффициента уплотнения слоя дорожной одежды, которое должно соответствовать следующим требованиям: 0,99 — для плотного асфальтобетона из горячих и теплых смесей типа А и Б; 0,98 — для плотного асфальтобетона из горячих и теплых смесей типа В, Г, Д, пористого и высокопористого асфальтобетона; 0,96 — для асфальтобетона из холодных смесей.

Измерения коэффициента уплотнения готового асфальтобетонного покрытия можно выполнять поверхностным плотномером ПАБ (рис. 15).

Рекомендуемая схема измерений представлена на рис. 16. Участок устройства покрытия условно разделяют на несколько поперечных зон (по центру и краям) через 1-5 м в зависимости от длины ремонтируемой «карты». Режим измерения ПАБ выбирают «усредненный» (из трех или пяти значений) на расстоянии 20-25 см. Объем полученной выборки коэффициента уп-

лотнения смеси должен составлять не менее 30 значений. При проведении измерений поверхность опытного участка должна быть сухой и ровной.



Рис. 15. Плотномер ПАБ

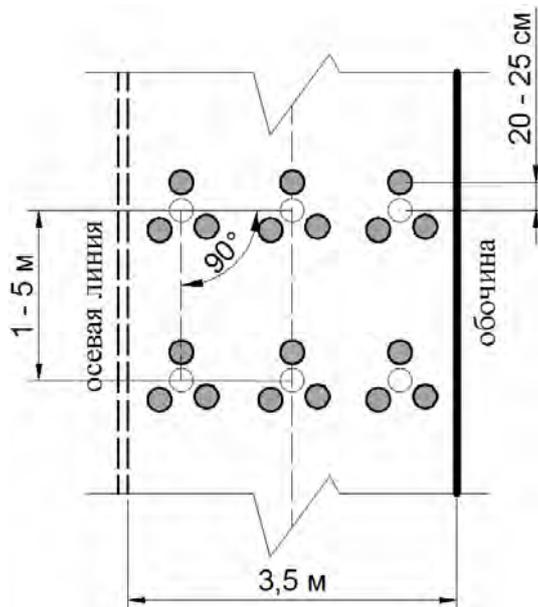


Рис. 16. Схема контроля качества однородности параметров асфальтобетонных покрытий.

4.2. Статистический контроль качества

Однородность уплотнения покрытий оценивается коэффициентом вариации (C_v) [4-8]:

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{K}_y}, \quad (13)$$

где σ — стандартное отклонение коэффициента уплотнения (14), \bar{K}_y — среднее значение коэффициента уплотнения (15).

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (K_{y_i} - \bar{K}_y)^2}, \quad (14)$$

где $n - 1$ — степени свободы,

$$\bar{K}_y = \frac{1}{n}(K_{y_1} + K_{y_2} + K_{y_3} \dots + K_{y_n}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{y_i} \quad (15)$$

где $K_{y_1}, K_{y_2}, K_{y_3} \dots K_{y_n}$ — значения выборки коэффициента уплотнения, n — объем выборки.

Коэффициент вариации плотности смеси сравнивают с рекомендуемыми значениями и оценивают качество покрытия (табл. 2).

Таблица 2

Значение C_v	Оценка
< 0,038	Отлично
0,038 – 0,055	Хорошо
0,055 – 0,071	Удовлетворительно
> 0,071	Неудовлетворительно

Библиографический список

1. *Горячев, М. Г.* Технология и организация строительства городских путей сообщения : учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 2. Строительство дорожных одежд / М.Г. Горячев. — М.: МАДИ (ГТУ), 2003. — 229 с.
2. *Истомин, В. С.* Практическое руководство по текущему ремонту асфальтобетонных покрытий городской дорожной сети / В.С. Истомин. — М.: Прима-Пресс-М, 2001. — 145 с.
3. *Зубков, А. Ф.* Технология строительства асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / А.Ф. Зубков, В.Г. Однолько. — М.: Машиностроение, 2009. — 224 с.
4. *Костельов, М. П.* Чем и как уплотнять асфальтобетон в покрытиях при смене его типа, состояния и толщины слоя. Каталог – справочник «Дорожная техника и технологии (ДТТ)» / М.П. Костельов, Д.В. Пахаренко. — СПб.: ИД «Славутич», 2007. — С. 70-85.
5. *Костельов, М. П.* Новая усовершенствованная технология устойчиво обеспечивает высокое качество уплотнения асфальтобетона. Каталог – справочник «Дорожная техника и технологии (ДТТ)» / М.П. Костельов, В.П. Перевалов — СПб.: ИД «Славутич», 2005. — С. 120-132.
6. *Костельов, М. П.* Функциональные достоинства и недостатки виброкатков для уплотнения асфальтобетона. Каталог – справочник «Дорожная техника и технологии (ДТТ)» — СПб.: ИД «Славутич», 2009. — С.74-84.
7. *Семенов, В. А.* Качество и однородность автомобильных дорог. — М.: Транспорт, 1989. — 125 с.

Статическая уплотняющая способность дорожных катков

Крупногабаритные катки						
Каток			Эксплуатационная масса, кг	Ширина вальца, см	Диаметр вальца, см	Уплотняющая способность, рк, кгс/см ²
Производитель	Серия	Режим работы				
Hamn	DV 90 VO	статический	9665	168	120	3,021
Ammann	AV 85-2	статический	8629	168	122	2,786
Ammann	AV 95-2	статический	9500	168	122	2,970
Ammann	AV 115-2	статический	11290	175	130	3,175
Ammann	AV110X	статический	10400	170	130	3,065
Ammann	AV120X	статический	10925	188	130	2,962
Ammann	AV 80 X4	статический	8260	160	115	2,851
Ammann	AV130X	статический	13030	222	135	2,944
Atlas Copco	Дунарас CC224HF	статический	7700	150	115	2,840
Atlas Copco	Дунарас CC524HF	статический	11300	195	130	2,956
Малогабаритные						
Каток			Эксплуатационная масса, кг	Ширина вальца, см	Диаметр вальца, см	Уплотняющая способность, рк, кгс/см ²
Производитель	Серия	Режим работы				
Раскат	RV-1,5DD	статический	1500	85	68	1,661
Раскат	RV-1,7DD	статический	1700	85	68	1,805
Раскат	RV-2,0DD	статический	2000	100	68	1,805
Раскат	RV-2,2DD	статический	2200	100	68	1,924
Раскат	RV-2,4DD	статический	2400	120	68	1,805
Раскат	RV-3,5DD	статический	3500	130	80	2,085
Ammann	ARX 12	статический	1475	82	57,5	1,779

Ammann	ARX 16	статический	1520	90	57,5	1,705
Ammann	ARX 20	статический	1570	100	57,5	1,624
Ammann	ARX 23	статический	2250	100	70	1,934
Ammann	ARX 26	статический	2460	120	70	1,817
Ammann	ARP 35	статический	3100	120	74	2,081
Ammann	ARX 36	статический	3725	110	85	2,381
Ammann	ARX 40	статический	4125	130	85	2,280
Ammann	ARX 45	статический	4650	138	85	2,373
<u>Комбинированные</u>						
Каток			Эксплуатационная масса, кг	Ширина вальца, см	Диаметр вальца, см	Уплотняющая способность, рк, кгс/см ²
Производитель	Серия	Режим рабо- ты				
Раскат	ДУ-84	статический	14000	200	160	3,129
Раскат	ДУ-99	статический	10500	170	120	3,168
Раскат	ДУ-97	статический	7000	150	107	2,730
Ammann	ARX 16 К	статический	1475	90	57,5	1,672
Ammann	ARX 23 К	статический	2300	100	74	1,926
Ammann	ARX 26 К	статический	2500	120	74	1,803
Ammann	ARX 40 К	статический	4095	130	85	2,268
Ammann	ARX 45 К	статический	4325	138	85	2,261
Atlas Copco	Дунарас CC1100C	статический	2300	107	68	1,894
Atlas Copco	Дунарас CC1200C	статический	2430	120	68,2	1,818
Atlas Copco	Дунарас CC1300C	статический	3750	130	80,2	2,181
Atlas Copco	Дунарас CC224CHF	статический	7400	150	115	2,766
Atlas Copco	Дунарас CC324CHF	статический	7700	173	115	2,583

Динамическая уплотняющая способность дорожных катков

Комбинированный							
Каток		Период уплотнения	Эксплуатационная масса, кг	Ширина вальца, см	Диаметр вальца, см	Номинальная амплитуда колебаний вальца (max), мм	Уплотняющая способность, рк, кгс/см ²
Производитель	Серия						
Раскат	ДУ-84	начальный	14000	200	160	1,8	3,238
Раскат	ДУ-84	промежуточный	14000	200	160	1,8	3,278
Раскат	ДУ-84	заключительный	14000	200	160	1,8	3,312
Раскат	ДУ-84	начальный	14000	200	160	0,8	3,178
Раскат	ДУ-84	промежуточный	14000	200	160	0,8	3,195
Раскат	ДУ-84	заключительный	14000	200	160	0,8	3,211
Раскат	ДУ-99	начальный	10500	170	120	0,6	3,217
Раскат	ДУ-99	промежуточный	10500	170	120	0,6	3,235
Раскат	ДУ-99	заключительный	10500	170	120	0,6	3,251
Раскат	ДУ-99	начальный	10500	170	120	0,3	3,193
Раскат	ДУ-99	промежуточный	10500	170	120	0,3	3,202
Раскат	ДУ-99	заключительный	10500	170	120	0,3	3,210
Раскат	ДУ-97	начальный	7000	150	107	0,54	2,788
Раскат	ДУ-97	промежуточный	7000	150	107	0,54	2,809

Раскат	ДУ-97	заклю- читель- ный	7000	150	107	0,54	2,827
Раскат	ДУ-97	начальный	7000	150	107	0,3	2,762
Раскат	ДУ-97	промежу- точный	7000	150	107	0,3	2,774
Раскат	ДУ-97	заклю- читель- ный	7000	150	107	0,3	2,784
Ammann	ARX 16 К	начальный	1475	90	57,5	0,5	1,824
Ammann	ARX 16 К	промежу- точный	1475	90	57,5	0,5	1,878
Ammann	ARX 16 К	заклю- читель- ный	1475	90	57,5	0,5	1,924
Ammann	ARX 23 К	начальный	2300	100	74	0,4	2,017
Ammann	ARX 23 К	промежу- точный	2300	100	74	0,4	2,050
Ammann	ARX 23 К	заклю- читель- ный	2300	100	74	0,4	2,078
Ammann	ARX 26 К	начальный	2500	120	74	0,41	1,884
Ammann	ARX 26 К	промежу- точный	2500	120	74	0,41	1,913
Ammann	ARX 26 К	заклю- читель- ный	2500	120	74	0,41	1,938
Ammann	ARX 40 К	начальный	4095	130	85	0,34	2,320
Ammann	ARX 40 К	промежу- точный	4095	130	85	0,34	2,339
Ammann	ARX 40 К	заклю- читель- ный	4095	130	85	0,34	2,355
Ammann	ARX 40 К	начальный	4095	130	85	0,55	2,352
Ammann	ARX 40 К	промежу- точный	4095	130	85	0,55	2,381
Ammann	ARX 40 К	заклю- читель- ный	4095	130	85	0,55	2,407

Ammann	ARX 45 K	начальный	4325	138	85	0,34	2,309
Ammann	ARX 45 K	промежу- точный	4325	138	85	0,34	2,327
Ammann	ARX 45 K	заключи- тельный	4325	138	85	0,34	2,342
Ammann	ARX 45 K	начальный	4325	138	85	0,55	2,339
Ammann	ARX 45 K	промежу- точный	4325	138	85	0,55	2,367
Ammann	ARX 45 K	заключи- тельный	4325	138	85	0,55	2,392
Atlas Corco	Дунарас CC1100C	начальный	2300	107	68	0,5	2,006
Atlas Corco	Дунарас CC1100C	промежу- точный	2300	107	68	0,5	2,045
Atlas Corco	Дунарас CC1100C	заключи- тельный	2300	107	68	0,5	2,080
Atlas Corco	Дунарас CC1200C	начальный	2430	120	68,2	0,5	1,920
Atlas Corco	Дунарас CC1200C	промежу- точный	2430	120	68,2	0,5	1,956
Atlas Corco	Дунарас CC1200C	заключи- тельный	2430	120	68,2	0,5	1,988
Atlas Corco	Дунарас CC1300C	начальный	3750	130	80,2	0,5	2,260
Atlas Corco	Дунарас CC1300C	промежу- точный	3750	130	80,2	0,5	2,289
Atlas Corco	Дунарас CC1300C	заключи- тельный	3750	130	80,2	0,5	2,314
Atlas Corco	Дунарас CC224CHF	начальный	7400	150	115	0,7	2,838
Atlas Corco	Дунарас CC224CHF	промежу- точный	7400	150	115	0,7	2,863

Atlas Copco	Дунарас CC224CHF	заклю-чительный	7400	150	115	0,7	2,886
Atlas Copco	Дунарас CC224CHF	начальный	7400	150	115	0,3	2,797
Atlas Copco	Дунарас CC224CHF	промежу-точный	7400	150	115	0,3	2,808
Atlas Copco	Дунарас CC224CHF	заклю-чительный	7400	150	115	0,3	2,818
Atlas Copco	Дунарас CC324CHF	начальный	7700	173	115	0,7	2,647
Atlas Copco	Дунарас CC324CHF	промежу-точный	7700	173	115	0,7	2,670
Atlas Copco	Дунарас CC324CHF	заклю-чительный	7700	173	115	0,7	2,690
Atlas Copco	Дунарас CC324CHF	начальный	7700	173	115	0,3	2,610
Atlas Copco	Дунарас CC324CHF	промежу-точный	7700	173	115	0,3	2,620
Atlas Copco	Дунарас CC324CHF	заклю-чительный	7700	173	115	0,3	2,629
Виброкатки малогабаритные							
Каток		Период уп-лотнения	Эксплуатац-онная масса, кг	Ширина вальца, см	Диаметр вальца, см	Номин-ая ам-плитуда колеба-ний вальца (max), мм	Уплотняющая способность, рк, кгс/см ²
Произво-дитель	Серия						
Раскат	RV-1,5DD	начальный	1500	85	68	0,3	1,751
Раскат	RV-1,5DD	промежу-точный	1500	85	68	0,3	1,783
Раскат	RV-1,5DD	заклю-чительный	1500	85	68	0,3	1,811
Раскат	RV-1,7DD	начальный	1700	85	68	0,3	1,892
Раскат	RV-1,7DD	промежу-	1700	85	68	0,3	1,923

		точный					
Раскат	RV-1,7DD	заклю- чительный	1700	85	68	0,3	1,950
Раскат	RV-2,0DD	начальный	2000	100	68	0,3	1,879
Раскат	RV-2,0DD	промежу- точный	2000	100	68	0,3	1,905
Раскат	RV-2,0DD	заклю- чительный	2000	100	68	0,3	1,928
Раскат	RV-2,2DD	начальный	2200	100	68	0,3	1,995
Раскат	RV-2,2DD	промежу- точный	2200	100	68	0,3	2,021
Раскат	RV-2,2DD	заклю- чительный	2200	100	68	0,3	2,043
Раскат	RV-2,4DD	начальный	2400	120	68	0,3	1,867
Раскат	RV-2,4DD	промежу- точный	2400	120	68	0,3	1,889
Раскат	RV-2,4DD	заклю- чительный	2400	120	68	0,3	1,908
Раскат	RV-3,5DD	начальный	3500	130	80	0,48	2,163
Раскат	RV-3,5DD	промежу- точный	3500	130	80	0,48	2,191
Раскат	RV-3,5DD	заклю- чительный	3500	130	80	0,48	2,215
Ammann	ARX 12	начальный	1475	82	57,5	0,5	1,941
Ammann	ARX 12	промежу- точный	1475	82	57,5	0,5	1,998
Ammann	ARX 12	заклю- чительный	1475	82	57,5	0,5	2,048
Ammann	ARX 16	начальный	1520	90	57,5	0,5	1,856
Ammann	ARX 16	промежу- точный	1520	90	57,5	0,5	1,910
Ammann	ARX 16	заклю- чительный	1520	90	57,5	0,5	1,956

		тельный					
Ammann	ARX 20	начальный	1570	100	57,5	0,5	1,764
Ammann	ARX 20	промежуточный	1570	100	57,5	0,5	1,813
Ammann	ARX 20	заключительный	1570	100	57,5	0,5	1,856
Ammann	ARX 23	начальный	2250	100	70	0,45	2,039
Ammann	ARX 23	промежуточный	2250	100	70	0,45	2,076
Ammann	ARX 23	заключительный	2250	100	70	0,45	2,109
Ammann	ARX 26	начальный	2460	120	70	0,45	1,908
Ammann	ARX 26	промежуточный	2460	120	70	0,45	1,940
Ammann	ARX 26	заключительный	2460	120	70	0,45	1,968
Ammann	ARP 35	начальный	3100	120	74	0,4	2,155
Ammann	ARP 35	промежуточный	3100	120	74	0,4	2,181
Ammann	ARP 35	заключительный	3100	120	74	0,4	2,204
Ammann	ARX 36	начальный	3725	110	85	0,36	2,443
Ammann	ARX 36	промежуточный	3725	110	85	0,36	2,466
Ammann	ARX 36	заключительный	3725	110	85	0,36	2,486
Ammann	ARX 36	начальный	3725	110	85	0,55	2,476
Ammann	ARX 36	промежуточный	3725	110	85	0,55	2,511
Ammann	ARX 36	заключительный	3725	110	85	0,55	2,540
Ammann	ARX 40	начальный	4125	130	85	0,36	2,334

Ammann	ARX 40	промежу- точный	4125	130	85	0,36	2,354
Ammann	ARX 40	заключи- тельный	4125	130	85	0,36	2,371
Ammann	ARX 40	начальный	4125	130	85	0,55	2,362
Ammann	ARX 40	промежу- точный	4125	130	85	0,55	2,392
Ammann	ARX 40	заключи- тельный	4125	130	85	0,55	2,418
Ammann	ARX 45	начальный	4650	138	85	0,36	2,423
Ammann	ARX 45	промежу- точный	4650	138	85	0,36	2,441
Ammann	ARX 45	заключи- тельный	4650	138	85	0,36	2,457
Ammann	ARX 45	начальный	4650	138	85	0,55	2,449
Ammann	ARX 45	промежу- точный	4650	138	85	0,55	2,477
Ammann	ARX 45	заключи- тельный	4650	138	85	0,55	2,501
Виброкатки крупногабаритные							
Каток		Период уп- лотнения	Эксплуатац- онная масса, кг	Ширина вальца, см	Диаметр вальца, см	Номин-ая амплиту- да колебаний валь- ца (max), мм	Уплотняющая способность, рк, кгс/см ²
Произво- дитель	Серия						
Намм	DV 90 VO	начальный	9665	168	120	0,63	3,0754
Намм	DV 90 VO	промежу- точный	9665	168	120	0,63	3,095
Намм	DV 90 VO	заключи- тельный	9665	168	120	0,63	3,112
Намм	DV 90 VO	начальный	9665	168	120	0,41	3,056
Намм	DV 90 VO	промежу- точный	9665	168	120	0,41	3,069
Намм	DV 90 VO	заключи-	9665	168	120	0,41	3,080

		тельный					
Hamm	DV 90 VO	начальный	9665	168	120	1,37	3,138
Hamm	DV 90 VO	промежу- точный	9665	168	120	1,37	3,180
Hamm	DV 90 VO	заключи- тельный	9665	168	120	1,37	3,216
Ammann	AV 85-2	начальный	8629	168	122	0,66	2,844
Ammann	AV 85-2	промежу- точный	8629	168	122	0,66	2,865
Ammann	AV 85-2	заключи- тельный	8629	168	122	0,66	2,884
Ammann	AV 85-2	начальный	8629	168	122	0,26	2,809
Ammann	AV 85-2	промежу- точный	8629	168	122	0,26	2,817
Ammann	AV 85-2	заключи- тельный	8629	168	122	0,26	2,825
Ammann	AV 95-2	начальный	9500	168	122	0,66	3,027
Ammann	AV 95-2	промежу- точный	9500	168	122	0,66	3,047
Ammann	AV 95-2	заключи- тельный	9500	168	122	0,66	3,065
Ammann	AV 95-2	начальный	9500	168	122	0,26	2,993
Ammann	AV 95-2	промежу- точный	9500	168	122	0,26	3,001
Ammann	AV 95-2	заключи- тельный	9500	168	122	0,26	3,008
Ammann	AV 115-2	начальный	11290	175	130	0,66	3,226
Ammann	AV 115-2	промежу- точный	11290	175	130	0,66	3,245
Ammann	AV 115-2	заключи- тельный	11290	175	130	0,66	3,261
Ammann	AV 115-2	начальный	11290	175	130	0,3	3,198

Ammann	AV 115-2	промежу- точный	11290	175	130	0,3	3,207
Ammann	AV 115-2	заключи- тельный	11290	175	130	0,3	3,214
Ammann	AV110X	начальный	10400	170	130	0,7	3,121
Ammann	AV110X	промежу- точный	10400	170	130	0,7	3,142
Ammann	AV110X	заключи- тельный	10400	170	130	0,7	3,160
Ammann	AV110X	начальный	10400	170	130	0,35	3,093
Ammann	AV110X	промежу- точный	10400	170	130	0,35	3,103
Ammann	AV110X	заключи- тельный	10400	170	130	0,35	3,112
Ammann	AV120X	начальный	10925	188	130	0,7	3,014
Ammann	AV120X	промежу- точный	10925	188	130	0,7	3,032
Ammann	AV120X	заключи- тельный	10925	188	130	0,7	3,049
Ammann	AV120X	начальный	10925	188	130	0,35	2,988
Ammann	AV120X	промежу- точный	10925	188	130	0,35	2,997
Ammann	AV120X	заключи- тельный	10925	188	130	0,35	3,005
Ammann	AV 80 X4	начальный	8260	160	115	0,6	2,908
Ammann	AV 80 X4	промежу- точный	8260	160	115	0,6	2,928
Ammann	AV 80 X4	заключи- тельный	8260	160	115	0,6	2,946
Ammann	AV 80 X4	начальный	8260	160	115	0,33	2,882
Ammann	AV 80 X4	промежу- точный	8260	160	115	0,33	2,894

Ammann	AV 80 X4	заключи- тельный	8260	160	115	0,33	2,904
Ammann	AV130X	начальный	13030	222	135	0,8	2,994
Ammann	AV130X	промежу- точный	13030	222	135	0,8	3,011
Ammann	AV130X	заключи- тельный	13030	222	135	0,8	3,027
Ammann	AV130X	начальный	13030	222	135	0,4	2,969
Ammann	AV130X	промежу- точный	13030	222	135	0,4	2,978
Ammann	AV130X	заключи- тельный	13030	222	135	0,4	2,986
Atlas Copco	Дунарас CC224HF	начальный	7700	150	115	0,7	2,911
Atlas Copco	Дунарас CC224HF	промежу- точный	7700	150	115	0,7	2,936
Atlas Copco	Дунарас CC224HF	заключи- тельный	7700	150	115	0,7	2,959
Atlas Copco	Дунарас CC224HF	начальный	7700	150	115	0,3	2,871
Atlas Copco	Дунарас CC224HF	промежу- точный	7700	150	115	0,3	2,882
Atlas Copco	Дунарас CC224HF	заключи- тельный	7700	150	115	0,3	2,891
Atlas Copco	Дунарас CC524HF	начальный	11300	195	130	0,8	3,013
Atlas Copco	Дунарас CC524HF	промежу- точный	11300	195	130	0,8	3,034
Atlas Copco	Дунарас CC524HF	заключи- тельный	11300	195	130	0,8	3,052
Atlas Copco	Дунарас CC524HF	начальный	11300	195	130	0,3	2,978

Atlas Corco	Дунарас CC524HF	промежу- точный	11300	195	130	0,3	2,985
Atlas Corco	Дунарас CC524HF	заклучи- тельный	11300	195	130	0,3	2,992

Публикуется в авторской редакции

Подписано в свет 12.11.2014.

Гарнитура «Таймс». Уч.-изд. л. 0,9. Объем данных 777 Кбайт.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1
<http://www.vgasu.ru>, info@vgasu.ru