

УДК 625.72

С. В. Алексиков, И. А. Данилов, А. О. Евдокименко

Волгоградский государственный технический университет

ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ ГОРОДСКИХ ДОРОГ ГОРЯЧИМИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫМИ СМЕСЯМИ

В статье приводятся особенности ремонта проезжей части городских дорог горячими асфальтобетонными смесями. Приведены температурные ограничения при укладке и уплотнении смесей в зависимости от их типа. Результаты исследования уплотняемости смесей позволили разработать рекомендации по их уплотнению.

Ключевые слова: проезжая часть, городские дороги, асфальтобетонная смесь, асфальтоукладчик, дорожный каток, температура смеси, плотность.

Ремонт дорожного покрытия включает подготовительные работы, укладку и уплотнение новых асфальтобетонных слоев толщиной не менее 3...5 см, обоснованных прочностными расчетами (рис. 1).



Рис. 1. Блок-схема ремонта асфальтобетонного покрытия

В состав подготовительных работ по исправлению дефектов существующего покрытия входят работы по ямочному ремонту проезжей части и укладке выравнивающих слоев переменной толщины [1—4].

Ровность нового покрытия зависит от качества подготовки (ровности) существующего покрытия [4]. Поверхность старого покрытия перед укладкой нового слоя смеси должна иметь ровность, соответствующую просветам не

более 10 (5) мм под трехметровой рейкой. Особенности подготовки старого покрытия сводятся к тому, что на имеющейся поверхности должны быть удалены или исправлены любые ее дефекты: выбоины и ямы заделаны, трещины разделаны и залиты мастикой, грубые волнообразные неровности устранены либо путем их планировки (срезки) фрезами, либо путем укладки дополнительных выравнивающих слоев.

Укладка смеси иногда производится на неровное основание. Оставшиеся на старом покрытии по каким-либо причинам бугры или выбоины копируются на новом покрытии при его уплотнении катками вследствие разницы в осадке более толстого (над просадкой или выбоиной) и более тонкого (вне выбоины) слоя. Современные асфальтоукладчики с высокой уплотняющей способностью обеспечивают уплотнение смеси до коэффициента $K_y = 0,97$, что позволяет сократить фронт работ, снизить их себестоимость за счет уплотнения покрытия меньшим количеством катков.

Величина копирования существующей неровности на новое покрытие зависит от K_y (рис. 2).

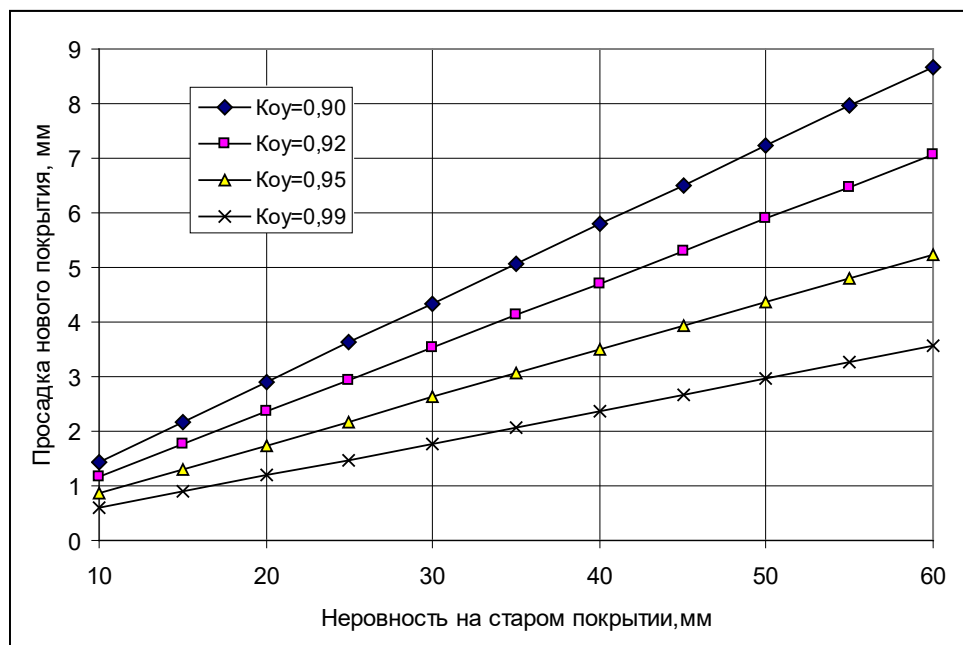


Рис. 2. Зависимость неровности на поверхности покрытия до 60 мм из смеси типа Б в зависимости от уплотняющей способности асфальтоукладчиков K_{oy}

Применение асфальтоукладчиков с уплотняющей способностью до $K_{yo} = 0,97$ позволяет снизить величину локальной неровности на новом покрытии до 3,5 мм (см. рис. 2). Величину допустимой неровности на старом покрытии, не требующей ямочного ремонта перед укладкой смеси, следует назначать с учетом типа асфальтоукладчика (табл. 1). Указанные неровности ликвидируются в процессе работы асфальтоукладчика при скорости укладки 3...5 м/мин.

Т а б л и ц а 1

Допустимая глубина деформации на старом покрытии перед укладкой смеси

| Тип асфальтоукладчика | Допустимая глубина, мм |
|---|------------------------|
| С одинарным трамбуемым брусом и выглаживающей вибрационной плитой | 40 |
| С двойным трамбуемым брусом и выглаживающей вибрационной плитой | 60 |

Выбоины более 40...60 мм следует предварительно заделывать горячей смесью с ее уплотнением ручной виброплитой [7]. Качество подгрунтовки выбоин, соблюдение температурного режима смеси, ее уплотнение в пределах температурных ограничений определяют качество ямочного ремонта. Время между укладкой и уплотнением смеси $t_{\text{доп}}$, в зависимости от ее типа, температуры воздуха t_a и марки битума должно быть не более 20 мин. Указанная зависимость для различных типов смесей на битуме БНД 60/90 имеет следующий вид (рис. 3).

Смесь типа А:

$$t_{\text{доп}} = 13,053e^{0,0062t_a}, \text{ мин.} \quad (1)$$

Смесь типа Б:

$$t_{\text{доп}} = 14,05e^{0,0073t_a}, \text{ мин.} \quad (2)$$

Смесь типа В

$$t_{\text{доп}} = 15,204e^{0,0075t_a}, \text{ мин.} \quad (3)$$

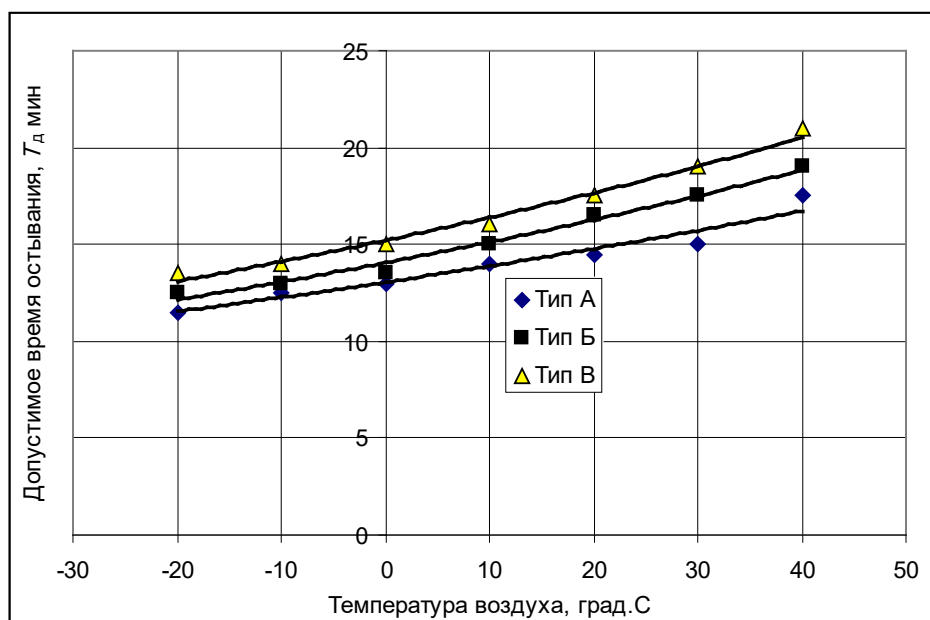


Рис. 3. Зависимости допустимого времени остывания смеси в выбоине до 60 мм от температуры воздуха

Для обеспечения плотного продольного соединения полос длину первой полосы укладки смеси следует ограничивать в зависимости от температуры воздуха в пределах 200 м. Общее время работы асфальтоукладчика и трех катков зависит от толщины слоя и температуры воздуха, изменяется от 13 до 110 мин. Время следует распределять между укладкой и этапами укатки в пропорции 1 : 1 : 2 : 2.

Продолжительность остывания смеси t зависит от средней температуры старого покрытия и воздуха T (рис. 4):

$$t = aT^2 - bT + c, \text{ мин.} \quad (4)$$

где a, b, c — коэффициенты уравнения, принимаются по табл. 2.

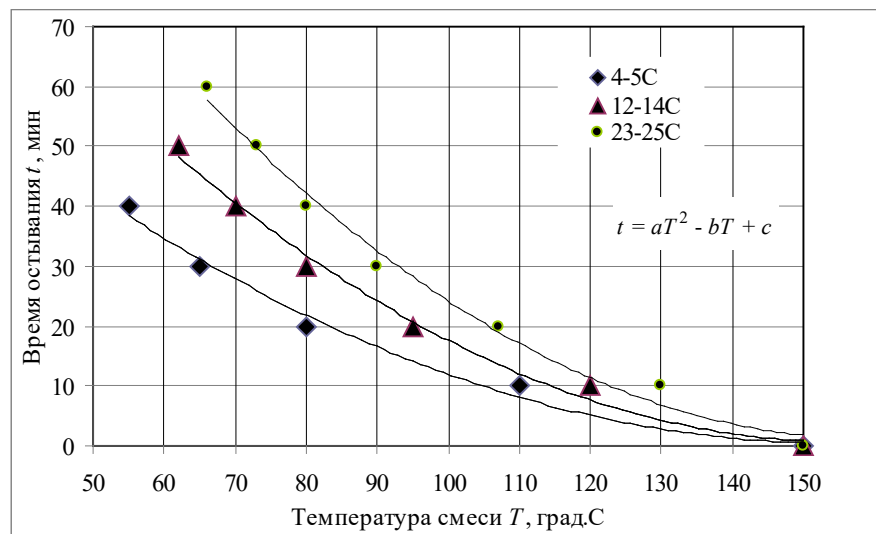


Рис. 4. Время остывания горячей смеси толщиной 5 см в зависимости от средней температуры старого покрытия и воздуха

Таблица 2

Значения коэффициентов уравнения (4)

| Температура воздуха и существующего покрытия, °С | Значения коэффициентов | | |
|--|------------------------|--------|--------|
| | a | b | c |
| 4...5 | 0,0038 | 1,177 | 91,661 |
| 12...14 | 0,0054 | 1,6801 | 131,83 |
| 23...25 | 0,0065 | 2,0635 | 165,9 |

Необходимо учитывать, что уплотнить смеси отрядом статических катков по классической схеме быстрее 23...24 мин невозможно. В этом случае укладку смеси можно выполнять более толстыми слоями 8...10 см, которые остывают в 2...3 раза медленнее, либо использовать виброкатки, имеющие более высокую производительность укатки.

При одновременной укладке слоев покрытия с разными по составу смесями рекомендуется технология «компактасфальт». Такая технология укладки смесей позволяет производить уплотнение покрытия как одного слоя.

Выбор асфальтоукладчика и его настройка производятся в зависимости от заданного темпа работ. В процессе работы он обеспечивает проектные параметры укладываемого слоя и фронт работы катков в установленных температурных интервалах. Рабочая скорость асфальтоукладчика находится в пределах 1,20...21,64 м/мин. Для обеспечения непрерывности работ необходимо, чтобы длина укладываемой полосы была равна длине захватки каждого катка в заданном температурном интервале смеси.

Параметры работы асфальтоукладчика определяют не только темп работ, но и состав машин для уплотнения смеси. Использование современных асфальтоукладчиков с рабочими органами, работающими в динамическом режиме, позволяет одновременно с распределением горячей смеси производить и ее предварительное уплотнение до коэффициента уплотнения 0,87...0,98. При этом эффективность уплотнения зависит от содержания минерального материала. Смесь типа А можно уплотнить до 0,96 и выше, смеси других типов до 0,85 ... 0,9. Значение K_{0y} смеси зависит от скорости укладки смеси [4].

На основании сказанного можно сделать вывод, что при укладке горячих смесей типа А для получения коэффициента предварительного уплотнения более 0,9 рабочая скорость асфальтоукладчика должна быть в пределах 1...5 м/мин. На смесях типа Б рекомендуемая скорость укладки смеси 5 м/мин. При укладке смесей других типов скорость асфальтоукладчика не имеет существенного значения.

Распределение асфальтобетонной смеси рекомендуется производить при скорости укладки 2...3 км/ч (смеси с содержанием щебня более 40 %) и 4...5 км/ч (менее 40 % щебня). Уплотняющие рабочие органы должны работать в режиме: частота оборотов валов трамбуемого бруса 1000...1400 об./мин; вала вибратора плиты 2500...3000 об./мин.

Уплотнение асфальтобетонной смеси — заключительная операция, которая предопределяет ровность и свойства покрытия. Недостаточное уплотнение смеси — одна из основных причин преждевременного разрушения асфальтобетонного покрытия. Современные катки позволяют достичь коэффициента уплотнения 1,01...1,03. Влияние качества уплотнения покрытия на образование колеиности проезжей части доказывают исследования [5]. Уплотнения покрытия с 0,99 до 1,00 снижает образование колеиности на 30...50 %.

Типы катков, их количество и режимы работы зависят от скорости укладки смеси. Подбор катков производится с температурного режима смеси. Продолжительность остывания смеси после ее укладки зависит от толщины слоя, начальной температуры асфальтобетона и температуры воздуха. Чем тоньше слой, тем быстрее он остывает, тем меньше времени отводится для работы каждого катка в допустимом интервале температур. Статистическая обработка данных [4, 5] позволила оценить влияние температуры воздуха и толщины слоя на интенсивность его остывания m .

$$T_{a/б} = 160 - m \cdot t, \quad (5)$$

где $T_{a/б}$ — температура смеси, град; t — время остывания, мин.

Интенсивность остывания смеси существенно снижается при увеличении толщины слоя h и повышении температуры воздуха. При толщине слоя около

10 см влияние температуры воздуха на интенсивность остывания незначительно (рис. 5). Исследования процесса остывания смесей позволили определить максимально возможное время, отводимое для работы машин в процессе распределения и уплотнения полуфабриката (табл. 3).

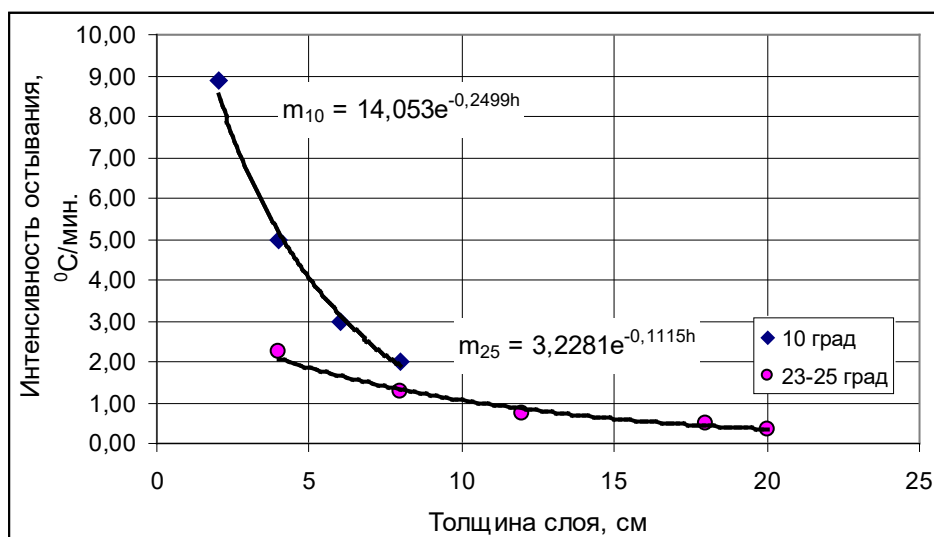


Рис. 5. Интенсивность остывание горячей асфальтобетонной смеси в слоях разной толщины при температуре воздуха 10 °C и 23...25 °C

Таблица 3

Распределение асфальтоукладчика и катков по температурным интервалам

| Толщина слоя, см | Температура воздуха и основания, °C | Время остывания смеси от 140 до 55... 70 °C, мин | Среднее время работы, мин, | | | |
|------------------|-------------------------------------|--|------------------------------------|--|------------------------------|--------------------------------------|
| | | | укладчика (от 140 до 125...120 °C) | легкого катка (от 125...120 до 110...105 °C) | среднего катка (105...85 °C) | тяжелого катка (от 85 до 70...55 °C) |
| 3...4 | 1...3 | 15...17 | 1,5...2,0 | 1,5...2 | 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...23 |
| 6...8 | 23...25 | 60...64 | 6...8 | 10...12 | 18...20 | 24...27 |

При неработающих брус и плиты асфальтоукладчика и наличии в отряде легкого катка общее время уплотнения распределяется: асфальтоукладчик — 10 %, легкий каток — 15 %, средний каток — 30 %, тяжелый каток — 45 %.

Поверхность покрытия может быть «испорчена» безграмотным уплотнением покрытия. Это возможно в двух случаях:

1) неправильный подбор катков по воздействию на слой смеси или по их уплотняющей способности, что приводит к появлению перед вальцами волны, образованию поперечных мелких трещин, продольных боковых выпоров;

2) отступления от правил ведения процесса уплотнения горячей смеси катками: плавный ход катка в момент его реверсирования (во время торможения и разгона); запрет на остановку катком на полосе укладки даже по истечении 2...3 ч после укатки, упреждающее отключение вибрации перед остановкой катка для реверса хода, уплотнение по всем полосам укатки с перекрытием; использование вибрационного режима укатки только при перемещении катка в сторону от укладчика; недопустимость реверса хода катка в одном и том же месте, особенно на подходе к укладчику (при каждом проходе место реверса следует смещать на 40...50 см вперед) и др.

Асфальтобетонные смеси типов А и Б с содержанием щебня более 40 %, уложенные асфальтоукладчиком с трамбующим брусом и пассивной плитой, сначала уплотняют пневмокатком 16 т при 6...10 проходах по следу, окончательное уплотнение гладковальцовым катком 11...18 т при 6...8 проходах по следу. При отсутствии пневмокатков уплотнение начинают гладковальцовыми катками 10...13 т при 8...10 проходах по следу, заканчивают тяжелым катком 18 т при 6...8 проходах по следу. При уплотнении этих смесей виброкатками сначала уплотняют покрытие катком 6...8 т в динамическом режиме за 5...7 проходов по следу, заканчивают укатку гладковальцовым катком 18 т при 6...8 проходах по следу.

Эффективность виброуплотнения щебенистой смеси при ремонте УДС Волгограда доказывается результатами уплотнения покрытия звеном катков (рис. 6).

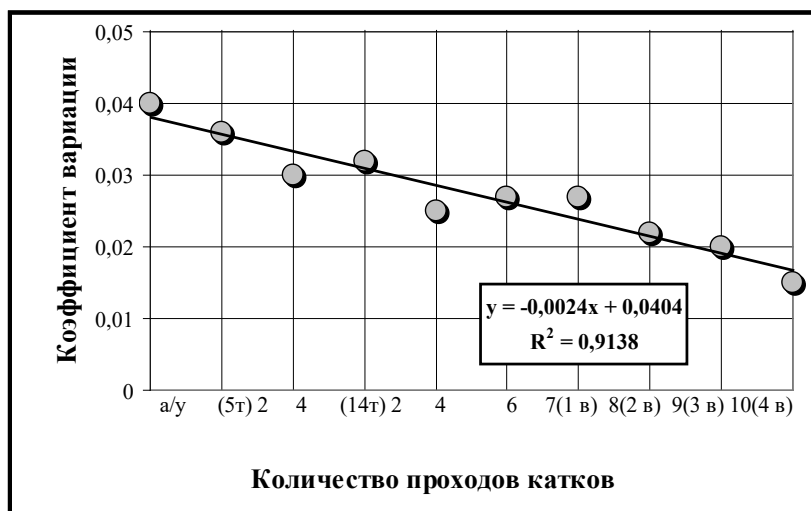


Рис. 6. Изменение коэффициента вариации плотности смеси в процессе ее уплотнения звеном катков

Применение технологии комбинированного уплотнения смеси с виброуплотнением на завершающем этапе позволяет обеспечить отличное качество работ [6, 9—11]. Коэффициент уплотнения достиг 1,03...1,05 при коэффициенте вариации 0,015. Повышенное уплотнение покрытия в сжатые сроки позволило: сократить число катков без снижения качества уплотнения; снизить себестоимость дорожно-ремонтных работ; сократить фронт и повысить

интенсивность выполнения дорожно-ремонтных работ; снизить транспортные издержки на ремонтируемом участке УДС; уменьшить вероятность образования колеи на покрытии после открытия по нему движения автотранспорта.

При распределении смесей с содержанием щебня более 40 % асфальтоукладчиком с трамбуемым брусом и виброплитой, на первом этапе работают гладковальцовые катки 10...13 т (пневмокотки 16 т или виброкатки 6...8 т в динамическом режиме) при 4...6 проходах по следу, окончательное уплотнение гладковальцовым катком 11...18 т при 4...6 проходах по следу.

Уплотнение асфальтобетонных смесей толщиной 10...18 см следует выполнять сначала самоходным пневмокотком при 6...8 проходах, затем гладковальцовым катком массой 11...18 т за 6...8 проходов.

Наблюдения показывают, что ровность покрытия довольно быстро ухудшалась за счет образования локальных мест шелушения, выкрашивания, просадок, выбоин и затем ям. Это объясняется гранулометрической и температурной сегрегацией смеси. Установлены основные причины низкой ровности ремонтируемого покрытия [8, 12—16]:

- неровное основание (старое покрытие);
- минеральная и температурная сегрегация смеси;
- существенные простои между загрузками асфальтоукладчика смесью;
- неправильная разгрузка смеси из самосвала в укладчик (толчки, торможения);
- неудовлетворительные состояние, регулировка и работа выглаживающей плиты асфальтоукладчика;
- неравномерная подача смеси к выглаживающей плите асфальтоукладчика;
- частая ручная регулировка толщины слоя;
- слишком высокая скорость укладчика;
- неправильный процесс укатки — торможение катка или быстрый реверс его хода, остановки на горячем слое и т. п.

Определены основные требования к работе укладчика и катков для устройства покрытия с высокой ровностью [8, 16—18]:

- укладчик должен в течение всей рабочей смены двигаться непрерывно (без остановки) и с постоянной скоростью;
- укладчик не должен подвергаться со стороны разгружающегося автосамосвала ни толчкам, ни каким-либо торможениям;
- подача смеси в шнековую камеру и ее распределение по ширине выглаживающей плиты должны быть непрерывными и равномерными; уровень смеси в этой камере должен поддерживаться постоянно не выше и не ниже оси шнека;
- при правильной стартовой настройке толщины слоя укладки и тщательной регулировке всех механизмов укладчика, в том числе автоматической системы поддержания продольного и поперечного профиля, операторы на выглаживающей плите не должны вмешиваться в работу автоматики; в их функцию должен входить только контроль за работой всех механизмов и автоматики и грамотное и быстрое реагирование на случайные сбои, которых в принципе не должно быть.

При работе укладчика следует обратить внимание на два обстоятельства:

- 1) требуемая толщина укладки должна задаваться и устанавливаться только на старте укладчика, нельзя регулировать ее после начала укладки;
- 2) требуемую толщину следует назначать по проекту с учетом запаса на уплотнение, которое за укладчиком ведут катки.

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- интенсивность и качество (ровность и коэффициент уплотнения) ремонта дорожного покрытия, наряду с температурным режимом смеси (1)—(5), определяются техническими характеристиками асфальтоукладчика и катков, режимами их работы и ровностью существующей проезжей части (см. рис. 2);
- современные укладчики с активными рабочими органами (двойным трамбуемым брусом и виброплитой) позволяют уплотнить смесь до $K_y = 0,97 \dots 0,98$, что сокращает фронт и увеличивает производительность дорожных работ;
- применение виброкатков повышает коэффициент уплотнения (до $1,01 \dots 1,03$) и однородность плотности смеси (до $C_v = 0,015$) при минимальном количестве уплотняющих машин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексиков С. В. Основы прогноза организационно-технологических параметров дорожно-строительных процессов // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2004. Вып. 4. С. 215.
2. Организация и планирование дорожного строительства / А. М. Антонов и др. М. : Транспорт, 1968. 386 с.
3. Горельшев Н. В. Технология и организация строительства автомобильных дорог : учеб. М. : Транспорт, 1991. 551 с.
4. Горячев М. Г. Технология и организация строительства городских путей сообщения : учеб. пособие. Ч. 2. Строительство дорожных одежд. М., 2003. 229 с.
5. Зубков А. В. Методика разработки технологических процессов строительства дорожных покрытий из горячих асфальтобетонных смесей // Вестн. ТГТУ. 2007. Т. 13. № 1. 52 с.
6. Костельов М. П. «Умные» виброкатки для дорожников // Дорожная техника. 2006. № 10. С. 66—67.
7. Казачкова Л. О. Проектирование ремонта улично-дорожной сети по критерию минимизации энергозатрат : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2013. 21 с.
8. Канторер С. Е. Методы обоснования эффективности применения машин в строительстве. М. : Стройиздат, 1969. 293 с.
9. Aleksikov S. V., Yermilov A. A. Comparative assessment of uniformity of compaction of asphalt concrete surfaces of city roads at various operating modes of compactors // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. 2014. Iss. 4. Pp. 48—57.
10. Asphaltic compaction methods // Constr West. 1967. Vol. 22. No. 1. Pp. 40—42.
11. Asphalt paving design guide. Asphalt Paving Association of Iowa, 1990. 125 p.
12. Asphalt pavement design guide for Low-Volume Roads and Parking Lots, 2014. 28 p.
13. Blades C., Kearney E. Asphalt paving principles, 2004. 90 p.
14. Moavenzaden F. Stochastic model for prediction of pavement performance // Trans. Res. Rec. 1976. Vol. 575. Pp. 56—72.
15. Cristescu N. Temperature influence of the elastic/viscoplastic behaviour of bituminous concrete // Rev. Roum. Sci. Techn. Mec. Appl.-Bucarest, 1992. Vol. 37. No. 6. Pp. 603—614.
16. Di Benedetto H., Van X., Chaverot P. Caracteristiques mecaniques des enrobes au bitume et au bitume polymere (Styrelf 13). Utilisation de l'essai triaxial // Bull, liaison Labo. P. et Ch. 1993. No. 187. Pp. 5—15.
17. Drucker D., Gibson R., Henkel D. Soil Mechanics and work-hardening theories of plasticity // Transactions of the ASCE. 1957. Vol. 122. Pp. 338—346.

18. Faure M., Morel G., Machet J.-M. Compactage par vibration des enrobes pour couche de roulement // Bull, liaison Labo. P. et Ch. 1982. No. 119. Pp. 73—77.

© Алексиков С. В., Данилов И. А., Евдокименко А. О., 2022

Поступила в редакцию
в ноябре 2021 г.

Ссылка для цитирования:

Алексиков С. В., Данилов И. А., Евдокименко А. О. Особенности ремонта проезжей части городских дорог горячими асфальтобетонными смесями // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 1(86). С. 71—80.

Об авторах:

Алексиков Сергей Васильевич — д-р техн. наук, проф., зав. каф. строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; AL34rus@mail.ru

Данилов Иван Андреевич — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; danilov_ivan98@bk.ru

Евдокименко Андрей Олегович — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; andrejevdokimenko011@gmail.com

Sergei V. Aleksikov, Ivan A. Danilov, Andrey O. Evdokimenko

Volgograd State Technical University

PECULIARITIES OF REPAIR OF THE ROADWAY OF URBAN ROADS WITH HOT ASPHALT CONCRETE MIXTURES

The article gives the peculiarities of the repair of the roadway of urban roads with hot asphalt concrete mixtures. The temperature limits for laying and compaction of mixtures depending on their type are given. The results of the research on the compactability of mixtures allowed to develop recommendations for their compaction.

К e y w o r d s: roadway, urban roads, asphalt mixture, paver, road roller, mixture temperature, density.

For citation:

Aleksikov S. V., Danilov I. A., Evdokimenko A. O. [Peculiarities of repair of the roadway of urban roads with hot asphalt concrete mixtures]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2022, iss. 1, pp. 71—80.

About authors:

Sergei V. Aleksikov — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; AL34rus@mail.ru

Ivan A. Danilov — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; danilov_ivan98@bk.ru

Andrey O. Evdokimenko — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; andrejevdokimenko011@gmail.com