ОДМ 218.2.079-2016

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

«РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ МАКРОШЕРОХОВАТЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

МОСКВА 2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАНЫ ООО «Конструктор».

2 ВНЕСЕНЫ Управлением научно-технических исследований и информационного обеспечения Росавтодора.

3 ПРИНЯТЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ распоряжением Федерального дорожного агентства от «15» 05.2017 г. № 942-р.

4 ИМЕЮТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР.

5 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ.

Содержание

		Стр.
1	Область применения	1
2	Нормативные ссылки	2
3	Термины и определения	3
4	Общие положения	4
5	Классификация макрошероховатых дорожных покрытий	8
6	Принципы проектирования макрошероховатых дорожных покрытий	14
7	Методы проектирования геометрических свойств макрошероховатого дорожного покрытия на основе теоретико-вероятностного подхода	39
8	Характеристики материалов	47
9	Рекомендации по выбору технологии устройства макрошероховатых дорожных покрытий	49
10	Основные технологии устройства макрошероховатых дорожных покрытий	57
11	3D–моделирование макрошероховатых дорожных покрытий	73
12	Контроль качества при устройстве макрошероховатых дорожных покрытий	76
13	Охрана труда и техника безопасности	83
	Библиография	85
	Приложение Критерии проектирования макрошероховатых дорожных покрытий	87

Рекомендации по проектированию макрошероховатых дорожных покрытий

Recommendations about design macrorough pavings

Дата введения 2016 г.

1 Область применения

1.1 ОДМ является документом рекомендательного характера для использования в дорожном хозяйстве.

1.2 Рекомендации по проектированию макрошероховатых дорожных покрытий используются на стадии проектирования при назначении геометрических параметров макрошероховатости дорожного покрытия в зависимости от условий движения, при выборе соответствующих типов покрытий и способов распределения материалов, видов и качества используемых материалов, технологий и организации работ, а также для контроля качества.

1.3 Рекомендации рассчитаны на инженерно-технических работников дорожного хозяйства и предназначаются для практического использования организациями, выполняющими работы по устройству макрошероховатых дорожных покрытий.

1.4 Рекомендации предполагают постоянное совершенствование технологий по проектированию и устройству макрошероховатых дорожных покрытий, имеют возможность для создания и развития новых методических документов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем методическом документе использованы ссылки на следующие документы:

1. ГОСТ 12.0.004-90 Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения.
2. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
3. ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
4. ГОСТ 3344-83 Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия.
5. ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.
6. ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний.
7. ГОСТ 8735–88 Песок для строительных работ. Методы испытаний.
8. ГОСТ 8736-93 Песок для строительных работ. Технические условия.
9. ГОСТ 9128-2009 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.
10. ГОСТ 11508-74 Битумы нефтяные. Определение сцепления битума с мрамором или с песком.
11. ГОСТ 11955-82 Битумы нефтяные дорожные жидкие. Технические условия.
12. ГОСТ 12784-78 Порошок минеральный для асфальтобетонных смесей. Методы испытаний.
13. ГОСТ 12801-98 Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.
14. ГОСТ 16557-2005 Порошок минеральный для асфальтобетонных и органо-минеральных смесей. Технические условия.
15. ГОСТ 22245-90 Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия.

16. ГОСТ 30108-94 Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов.

17. ГОСТ 30413-96 Дороги автомобильные. Метод определения коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием.

18. ГОСТ 31015-2002 Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия.

19. ГОСТ 31424-2010 Материалы строительные нерудные из отсевов дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия.

20. ГОСТ 32703-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Технические требования.

21. ГОСТ Р 50597-93 Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения.

22. ГОСТ Р 52128-2003 Эмульсии битумные дорожные. Технические условия.

23. ГОСТ Р 52129-2003 Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия.

24. Свод правил по проектированию и строительству Российской Федерации СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги (актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85).

3 Термины и определения

В настоящих рекомендациях используются следующие термины с соответствующими определениями, применяемые в дорожном хозяйстве:

3.1 **базовая линия (поверхность):** Линия (поверхность) заданной геометрической формы, определенным образом проведенная относительно профиля и служащая для оценки геометрических параметров поверхности.

3.2 **впадина профиля:** Часть реального профиля, соединяющая две соседние точки пересечения его со средней линией, направленная из тела.

3.3 **высота неровностей профиля по десяти точкам:** Сумма средних арифметических абсолютных отклонений точек пяти наибольших минимумов

и пяти наибольших максимумов профиля в пределах базовой длины.

3.4 **выступ профиля:** Часть реального профиля, соединяющая две соседние точки пересечения его со средней линией профиля, направленная из тела.

3.5 **линия выступов профиля:** Линия, эквидистантная средней линии, проходящая через высшую точку профиля в пределах базовой длины.

3.6 **линия впадин профиля:** Линия, эквидистантная средней линии, проходящая через низшую точку профиля в пределах базовой длины.

3.7 **ЛЭМС:** Литая эмульсионно-минеральная смесь.

3.8 **макрошероховатость покрытия:** Совокупность макрошероховатостей либо специально созданных бороздок на покрытии в зоне контакта шины автомобиля с поверхностью покрытия.

3.9 **неровность профиля:** Выступ профиля и сопряженная с ним впадина профиля.

3.10 **наибольшая высота профиля:** Расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

3.11 **нормальное сечение:** Сечение, перпендикулярное базовой поверхности.

3.12 **относительная опорная длина профиля:** Отношение опорной длины профиля к базовой длине.

3.13 **отклонение профиля:** Расстояние между любой точкой профиля и средней линией.

3.14 **полиуретан**: Класс синтетических эластомеров, приготавливаемый из одного или двух компонентов (полиола и изоцианата, до этапа приготовления на месте производства работ, хранящихся отдельно; при их смешивании образуется реакционно-способная смесь). Свойства полиуретана регулируют, получая жесткий, мягкий, интегральный, ячеистый (вспененный) или монолитный материал.

3.15 **разброс высот выступов макрошероховатостей:** Статистическое распределение расстояний между проекциями вершин активных выступов макрошероховатости на вертикальную ось.

3.16 **средний шаг неровностей:** Среднее арифметическое значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины.

3.17 **средний шаг неровностей профиля по вершинам:** Среднее арифметическое значение шага неровностей профиля по вершинам в пределах базовой длины.

3.18 **средняя линия профиля:** Базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, чтоб в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля до этой линии минимально.

3.19 **среднее арифметическое отклонение профиля:** Среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины.

3.20 **тонкий слой износа:** Верхний слой дорожного покрытия толщиной от 1,0 до 2,5 см с повышенными фрикционными (шероховатостью) и гидроизоляционными характеристиками из специально подобранной асфальтобетонной смеси, уложенной по мембранной технологии.

3.21 **число знакочередований:** Число пересечений с уровнем.

3.22 **шаг местных выступов профиля:** Длина отрезка средней линии между проекциями на нее двух наивысших точек соседних местных выступов профиля.

3.23 **шаг неровностей профиля:** Отрезок средней линии профиля, ограничивающий неровность профиля.

3.24 **шероховатость поверхности:** Совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная с помощью базовой длины.

3.25 **шероховатая поверхность (ШП):** Поверхность, которая образуется чередованием выступов зерен щебня и впадин между ними, а также шероховатостью выступов.

3.26 **шероховатая поверхностная обработка (ШПО):** Верхний конструктивный слой дорожного покрытия, образованный последовательным распределением вяжущего и щебня.

3.27 **шероховатое тонкослойное покрытие (ШТП):** Шероховатый износостойкий защитный и устойчивый к колее слой, толщиной от 2,5 до 4,0 см, частично впрессованной в перекрываемое асфальтобетонное покрытие по высокотемпературной технологии и образующий с ним единый монолит.

3.28 **шероховатый поверхностный слой**: Специально создаваемый поверхностный слой дорожного покрытия, обладающий макрошероховатостью, защитными и сцепными свойствами.

3.29 **элементы макрошероховатости**: Крупные структурообразующие неровности профиля шероховатости.

4 Общие положения

4.1 К макрошероховатым дорожным покрытиям относятся шероховатые поверхностные обработки, втапливание черненного щебня в литой асфальтобетон ездового полотна мостовых сооружений, цветные покрытия противоскольжения, покрытия пешеходных мостов, антигололедные дорожные покрытия с максимальной макрошероховатостью, полиуретановые дорожные покрытия, взъезды для маломобильных групп населения и др. [1-5].

4.2 Макрошероховатое дорожное покрытие является самостоятельным конструктивным элементом автомобильной дороги, который должен проектироваться с целью повышения уровня безопасности движения, устойчивости и комфортности движения, обеспечения требуемой скорости, интенсивности и пропуска расчетных нагрузок, обеспечивать минимальную экологическую нагрузку на окружающую дорогу местность, высокую ремонтопригодность и сроки службы, экономичность и простоту содержания.

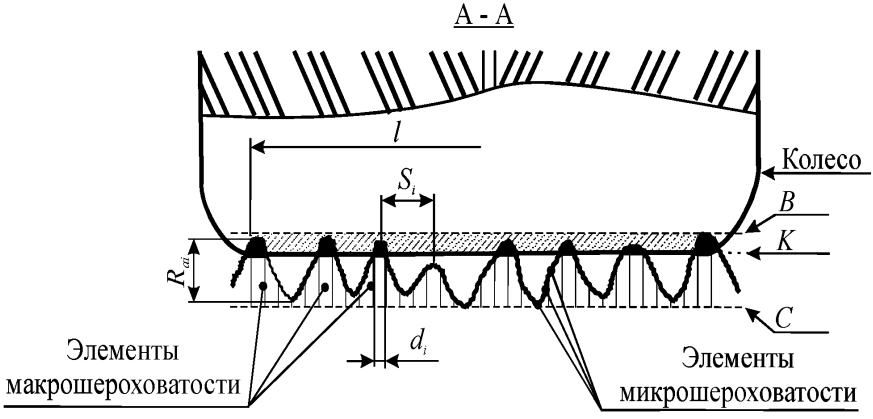
4.3 Макрошероховатость дорожного покрытия определяет коэффициент сцепления - важнейший транспортно-эксплуатационный показатель автомобильной дороги, обуславливающий устойчивость контакта шины транспортного средства с покрытием.

4.4 Макрошероховатость дорожного покрытия обеспечивают зерна минерального материала, равномерно распределенные по поверхности

дорожного покрытия и формирующие разные текстуры покрытия в виде выступов и впадин.

4.5 Профиль макрошероховатых дорожных покрытий определяется геометрией щебня, его количеством и составом по фракциям, характером распределения щебня. Изменение этих параметров определяет изменение коэффициента сцепления. Определение макрошероховатости проводится при помощи геометрических параметров высоты (вертикально) и шага (горизонтально, продольно и поперечно) неровностей.

4.6 Элементы макрошероховатости (структурообразующие неровности профиля макрошероховатости), характеризуемые частной глубиной впадин и частным шагом шероховатости, представлены на рисунке 1 [4, 6].



K – базовая плоскость поверхности колеса в зоне контакта с элементами макрошероховатости; C – плоскость наибольших впадин в зоне контакта колеса; B – плоскость наибольших выступов профиля в зоне контакта колеса; l - базовая длина, мм; $D_м$ – размер отпечатка протектора колеса расчетного автомобиля, мм; S_i – шаг местных выступов в пределах базовой длины, мм; d_i, - шаг контакта колеса с покрытием в пределах базовой длины, мм; R_{ai} – частная глубина впадин (расстояние между проекциями смежных вершины и впадины на вертикальную ось), мм

Рисунок 1 - Элементы и параметры макрошероховатости

4.7 При распределении компонентов макрошероховатых дорожных покрытий может наблюдаться эффект сегрегации, связанный с неоднородностью распределения геометрических показателей активных выступов макрошероховатости в вертикальном, продольном и поперечном направлениях и определяющий случайный характер возникновения участков с пониженным и повышенным коэффициентом сцепления.

4.8 Регламент контроля качества макрошероховатых дорожных покрытий рекомендуется формировать на основе определения и анализа геометрических показателей макрошероховатости, имеющих свойства инвариантности в отношении базы измерений.

4.9 Технические свойства макрошероховатых дорожных покрытий характеризуются геометрическими параметрами, закладываемыми на стадии проектирования поверхности покрытия с учетом перспективы, обеспечивающих допустимое ухудшение свойств за счет износа покрытия под воздействием возрастающей грузонапряженности движения, природно-климатических факторов и деятельности дорожно-эксплуатационной службы по содержанию и ремонту автомобильной дороги.

4.10 При назначении геометрических параметров макрошероховатости рекомендуется учитывать, что на изменение коэффициента сцепления влияет не только изменение средней высоты выступов и средней глубины впадин макрошероховатостей, но и изменение разброса (диапазона или статистического распределения) высот активных выступов. Измеряемые геометрические параметры макрошероховатости могут быть назначены согласно ГОСТ 2789 и [5] с применением дополнительных показателей.

5 Классификация макрошероховатых дорожных покрытий

5.1 Одним из главных способов повышения сопротивления скольжению шины, т. е. обеспечения требуемых значений коэффициента сцепления, согласно ГОСТ 30413 и ГОСТ Р 50597 является создание макрошероховатости.

5.2 Минимально допустимые в течение всего срока службы значения коэффициента сцепления: 0,28 (легкие), затрудненные 0,3; опасные – 0,32 [5].

5.3 Классификация макрошероховатых дорожных покрытий производится по параметрам макрошероховатости σ_{acp}, приведенным в таблице 1.

5.4 Основные типы макрошероховатых дорожных покрытий, соответствующие типам макрошероховатости, приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Классификация макрошероховатых дорожных покрытий

Типы макрошероховатости	Уровень макрошероховатости	Среднее квадратическое отклонение макрошероховатости, σ_{acp}, мм
Нешероховатые (гладкие)	1	менее 1,0
Шероховатые	2	от 1,0 до 2,0 включительно
Среднешероховатые	3	от 2,0 до 3,0 включительно
Сильношероховатые	4	от 3,0 и более

Таблица 2 – Основные типы макрошероховатых дорожных покрытий

Типы шероховатости	Основные типы макрошероховатых дорожных покрытий
Нешероховатые (гладкие)	Асфальтобетонные из плотных смесей типа Д, цементобетонные
Шероховатые	Асфальтобетонные из плотных смесей типов В, Г, $Г_х$
Средне-шероховатые	Асфальтобетонные из плотных смесей типов А, Б, В, Г; покрытия из ЛЭМС; покрытия из ЩМА-10
Сильно-шероховатые	Асфальтобетонные из крупнозернистых смесей типов А и Б; пористые и высокопористые слои; покрытия из ЩМА-15; поверхностные обработки; покрытия с втапливанием щебня; покрытия из ЩМА-20, посыпка щебнем ездового полотна мостовых сооружений из литого асфальтобетона

5.5 Для обеспечения безопасности движения изменение коэффициента сцепления в поперечном профиле не должно превышать 0,1.

5.6 Во избежание усиления вибрации во время движения транспортных средств расстояние между соседними выступами макрошероховатости (шаг шероховатости) рекомендуется выбирать менее 40 мм, если это не оговорено особо (например, для шумовой шероховатой поверхностной обработки).

5.7 Во избежание увеличения уровня шума от проезжих транспортных средств крупношероховатые дорожные покрытия не рекомендуется применять в пределах населенных пунктов.

5.8 Неопределенность в использовании только средней глубины впадин макрошероховатостей определяется, в частности, разбросом заполнения межзернового пространства вяжущим (обычно от 1/3 до 1/2 высоты зерна). При этом изменение коэффициента сцепления не зависит от высоты вяжущего между зерен щебня.

5.9 Параметры макрошероховатости дорожных покрытий определяются в соответствии с разделом 7.

5.10 Предлагается классификация шероховатых структур, основанных на параметрах ГОСТ 2789 и обеспечиваемом коэффициенте сцепления по требованиям ГОСТ Р 50597 и [1, см. таблицу 46]. Исходя из условий движения, характеризуемых таблицей 46 [1], степень макрошероховатости по обеспечиваемому коэффициенту сцепления классифицируется согласно таблице 3.

5.11 Классификация типов элементов макрошероховатости приведена в таблице 3.

5.12 Классификация и потребительские качества макрошероховатых дорожных покрытий и обеспечивающие их технические характеристики по уровню макрошероховатости приведены в таблице 4.

5.13 Требуемые качественные характеристики макрошероховатых дорожных покрытий приведены в таблице 5.

Таблица 3 - Классификация элементов шероховатости дорожных покрытий

№ типов структуры	Наименование типа макрошерохо-ватой структуры	Размер элементов структур макроше-роховатости (мм)	Виды макрошероховатых дорожных покрытий	Обеспечи-ваемый коэффи-циент сцепления не менее
1	Крупноблочные	от 70 до 250	Мостовые из мелких бетонных блоков, брусчатые из равного камня, булыжные	0,5
2	Крупнозернистые	от 40 до 70	Щебеночные покрытия	0,5
3	Среднезернистые	от 20 до 40	Асфальтобетонные, щебеночные, холодный асфальтобетон	0,4
4	Мелкозернистые	от 5 до 20	Асфальтобетон, поверхностные обработки, искусственная шероховатость	0,5
5	Песчаная	менее 5	Асфальтобетон, цементобетон	0,4

Таблица 4 - Классификация дорожных покрытий по уровню макрошероховатости (ориентировочно)

Уровень макрошероховатости	Активность поверхности элементов шероховатости (бал)	Относительная активность контакта, $O_к$	Относительная плотность контактов, $N_к$	Среднее квадратическое отклонение макрошероховатости, σ_{acp}, мм	Обеспечиваемые транспортно-эксплуатационные характеристики при неблагоприятном состоянии покрытия				
					Минимальный коэффициент сцепления, не менее	Коэффициент сопротивления движения, не более	Уровень звука, ДБл, не более	Максимальная скорость км/ч, не менее	Величина тормозного пути, м, не менее
Нешероховатые	1	1,0	1,0	менее 1,0	0,35	0,05	50	90	92,0
Шероховатые	2	от 1 до 1,5	от 1,0 до 1,5	от 1,0 до 2,0	0,4	0,06	60	100	86,0
Средне шероховатые	3	от 1,5 до 2,0	от 1,5 до 2,0	от 2,0 до 3,0	0,45	0,07	70	110	77,0
Сильно шероховатые	4	от 2,0	от 2,0	более 3,0	0,5	0,08	80	110	64,0

Таблица 5 - Требуемые характеристики макрошероховатых дорожных покрытий (ориентировочно)

Категория автомобильной дороги	Потребительские характеристики				Технические характеристики										
	Скорость, км/ч	Комфортность движения (коэффициент комфортности), мм/с	Однородность условий движения (коэффициент вариации параметров)	Безопасность движения, $K_{ит}/K_{отк}$, не более	Геометрические элементы дороги	Ровность, см/км (толчкомер), не более	Коэффициент сцепления (при неблагоприятном состоянии покрытия), не менее	Коэффициент сопротивления движению	Уровень шума, Дб	Яркость покрытия, КД/м^2, не менее	Однородность структуры поверхности (коэффициент вариации)	Прочность, сдвигоустойчивость, МПа, не менее	Долговечность, лет	Износостойкость, мм/млн.бр.т., не менее	Предельная глубина колеи, мм, не менее
I-а	120 90	от 0,2 до 0,3 от 0,4 до 0,5	0,15 0,2	20/0,8	по СНиП 2.05.02-85	50 200	0,45 0,4	0,03 0,04	70 90	0,8 0,8	от 0,15 до 0,2	0,5	от 4 до 6	2	6
I-б	100 80	от 0,3 до 0,4 от 0,4 до 0,5	0,15 0,2	20/0,8		50 200	0,5 0,4	0,03 0,04	70 90	0,8 0,8	от 0,15 до 0,2	0,5	от 4 до 6	2	6
II	100 80	от 0,2 до 0,3 от 0,4 до 0,5	0,15 0,2	20/0,8		50 200	0,5 0,4	0,03 0,04	70 90	0,6 0,6	от 0,15 до 0,2	0,5	от 6 до 8	2	6
III	80 60	от 0,3 до 0,4 от 0,5 до 0,7	0,2 0,25	20/0,8		50 300	0,45 0,35	0,035 0,05	70 90	0,6 0,6	от 0,2 до 0,25	0,5	от 6 до 9	от 2 до 4	8
IV	60 40	от 0,4 до 0,5 от 0,6 до 0,8	0,2 0,25	20/0,8		110 400	0,4 0,35	0,05 0,06	60 70	0,4 0,4	от 0,2 до 0,3	0,4	от 4 до 8	от 15 до 20	8
V	40 25	от 0,5 до 0,6 от 0,7 до 1,0	0,3 0,4	20/0,8		150 500	0,4 0,3	0,05 0,08	60 70	0,4 0,4	от 0,3 до 0,4	0,4	от 2 до 4	от 150 до 200	8

Примечание – В числителе указаны значения параметров на начало эксплуатации покрытия, в знаменателе – с учетом допустимого эксплуатационного состояния при неблагоприятных погодно-климатических условиях в процессе эксплуатации.

6 Принципы проектирования макрошероховатых дорожных покрытий

6.1 Процесс проектирования свойств и показателей поверхности макрошероховатых дорожных покрытий проводят в несколько этапов.

6.1.1 Этап сбора и анализа исходных данных:

- Эксплуатационная стадия дорожного покрытия (новое строительство, реконструкция, усиление покрытия, восстановление слоя износа, повышение сцепных качеств).

- Тип существующего или проектируемого дорожного покрытия и его свойства (ширина, поперечные уклоны, срок службы, вид материала, толщина, прочностные и деформативные характеристики, степень разрушенности и виды разрушений, общая прочность дорожной одежды, ровность, колейность, характеристики шероховатости, прогнозируемый срок службы).

- Участок дорожного покрытия (прямые, кривые в плане, уклоны, полоса движения, подходы к мостам и на мостах, на перекрестках, элементы транспортных развязок, шумовые полосы, укрепительные полосы, населенные пункты, ж/д переезды).

- Характеристики движения (сезонные интенсивности и состав движения, сезонные грузонапряженности, скорости расчетные и фактические на отдельных участках).

- Характеристики безопасности движения (прогнозируемый уровень для проектируемых дорог и фактический для существующих).

- Погодно климатические условия дифференцировано по участкам автомобильной дороги (температура воздуха по сезонам, минимальные и максимальные температуры и их длительность, виды и интенсивность осадков по сезонам, степень снегозаносимости участков, количество туманов по сезонам, гололедоопасные участки и длительность гололедной опасности).

6.1.2 Этап проектирования (обоснования) основных конструкционных и эксплуатационных свойств макрошероховатого дорожного покрытия:

- Обоснование эксплуатационных требований к отдельным участкам дорожного покрытия (обеспечиваемая скорость, яркость, минимально допустимая шумность, минимально допустимый уровень безопасности движения, обеспечиваемая грузонапряженность).

- Обоснование и формулировка требований к нижележащему слою (ровность, прочность, шероховатость) и методы удовлетворения этих требований (очистка, мойка, обработка активизирующими растворами, ремонтная профилировка, фрезерование поверхности и т.п.).

- Обоснование конструктивных решений (без усиления покрытия путем придания покрытию определенных адгезионных свойств, путем создания тонкослойного поверхностного слоя, обладающего обусловленными качественными характеристиками, создание однослойной или двухслойной поверхностной обработки для восстановления слоя износа, усиление покрытия путем создания подстилающих слоев и поверхностного слоя, обладающих требуемыми деформационными и прочностными характеристиками.

- Подбор соответствующих материалов и формулировка требований к ним (минеральный материал, вяжущие, композитные материалы).

- Обоснование технологических режимов и условий создания запроектированного макрошероховатого дорожного покрытия.

6.1.3 Этап проектирования технологии приготовления, транспортирования и устройства:

- технология подготовительных работ в зависимости от требований к нижележащему слою (рекомендуемые технологические машины, особенности их работы, последовательность технологических операций и рекомендуемая расстановка технологических машин на захватке, технологические условия (температура воздуха, влажность, интенсивность осадков и т.п.) и технологические режимы работы машин (скорость, интенсивность вибрации и т.п.);

- технология основных работ (технологические машины, технологические режимы их работы, технологические условия, технологическая последовательность выполнения отдельных технологических операций);

- технология ухода и формирование структуры макрошероховатого дорожного покрытия (регулирование движения, возможное время открытия движения и т.п.);

- способы и методы операционного контроля качества.

6.1.4 Этап разработки рекомендаций по эксплуатации макрошероховатого дорожного покрытия:

- рекомендуемые технологические машины по уходу за дорожным покрытием (чистка, мойка) периодичность и особенности выполнения этих работ;

- рекомендуемые технологии снегоуборки в зависимости от объемов снегоуборки;

- рекомендуемые технологии борьбы с зимней скользкостью;

- рекомендуемые технологии по текущему ремонту.

6.2 Критериями проектирования макрошероховатых дорожных покрытий являются:

- минимально необходимый коэффициент сцепления шины транспортного средства с дорожным покрытием, гарантирующий возможность движения с разрешенной скоростью, а также возможность остановки на расстоянии допустимого остановочного пути (0,5xV км/ч = $L_{ост}$, м) или экстренного торможения без заноса, при неблагоприятном состоянии дорожного покрытия (мокрое, заснеженное) реализуется определенным уровнем макрошероховатости;

- максимально допустимый коэффициент сопротивления движению (коэффициент сопротивления качению шины по покрытию), обеспечивающий движение автомобиля с разрешенной скоростью при нормативной загрузке реализуется определенным уровнем макрошероховатости;

- прочность и устойчивость поверхностного слоя покрытия при

воздействии нормативной нагрузки от движущихся транспортных средств и меняющихся природных факторов (вода, температура) реализуется прочностью структуры макрошероховатого дорожного покрытия и прочностью в связи с нижележащим слоем дорожной одежды;

- износостойкость, характеризует долговечность сохранения эксплуатационных свойств поверхностного слоя под воздействием нагрузки от движущихся транспортных средств, природных факторов и технологических воздействий содержания в процессе эксплуатации автомобильной дороги реализуется оптимальным подбором материалов, технологии их предварительной обработки, технологиями устройства и содержания;

- водоотведение, характеризует способность макрошероховатого дорожного покрытия быстро отводить или поглощать воду с поверхности покрытия во время ливней без образования критической пленки воды, способствующей аквапланированию шины по поверхности дорожного покрытия обеспечивается определенным уровнем макрошероховатости;

- яркость поверхности покрытия гарантирует минимально допустимую степень зрительного восприятия дорожных условий в процессе движения реализуется подбором светлых материалов для устройства поверхностного слоя покрытий;

- шумность покрытия, характеризует силу звука, возникающего при проезде транспортных средств с определенной скоростью по дорожному покрытию, реализуется подбором оптимальной текстуры макрошероховатости дорожного покрытия.

6.3 Этапы проектирования макрошероховатого дорожного покрытия реализуются исходя из следующих основных принципов:

- максимальное удовлетворение требуемых транспортно-эксплуатационных свойств (скорости, удобства и безопасности движения) в течение расчетного срока службы покрытия;

- максимальное использование имеющихся возможностей производственно-технической базы, технологических машин, местных

дорожно-строительных материалов и кадров при устройстве, содержании и ремонте;

- сведение к минимуму негативных свойств текстур макрошероховатых дорожных покрытий (шумности и повышенного коэффициента сопротивления движению).

6.3.1 На этапе сбора и анализа исходных данных осуществляется сбор и анализ нижеприведенных характеристик.

6.3.1.1 Эксплуатационная стадия жизненного цикла макрошероховатого дорожного покрытия. Выделяются следующие стадии:

- новое строительство автомобильной дороги или дорожного покрытия;
- реконструкция участка автомобильной дороги или дорожного покрытия;
- усиление дорожной одежды;
- восстановление слоя износа дорожного покрытия;
- повышение сцепных качеств дорожного покрытия;
- устройство дополнительных полос для движения и целевая их предназначенность (скоростные полосы, полосы разгона и торможения, дополнительные полосы на подъемах и т.п.).

6.3.1.2 Тип существующего или проектируемого макрошероховатого дорожного покрытия и его характеристики. Устанавливаются:

- вид материала;
- толщина материала;
- прочностные и деформативные свойства (марка прочности, модули упругости, сцепление, угол внутреннего трения) материала;
- геометрические характеристики (ширина, продольные и поперечные уклоны);
- эксплуатационные характеристики (срок службы на момент осмотра, степень разрушенности и виды разрушений, ровность, характеристики макрошероховатости существующего дорожного покрытия, прогнозируемый срок службы).

6.3.1.3 Участок дорожного покрытия. Отражаются особенности дорожного движения на участках:

- прямые и кривые в плане;
- продольные и поперечные уклоны;
- полосы с особыми условиями движения;
- покрытия на мостах и подходах к ним;
- покрытия на перекрестках и подходах к ним;
- покрытия в населенных пунктах и подходах к ним;
- покрытия на железнодорожных переездах и подходов к ним;
- элементы транспортных развязок;
- шумовые полосы;
- укрепительные полосы.

6.3.1.4 Характеристики дорожного движения. Отражаются:

- фактические и прогнозируемые сезонные интенсивности;
- состав транспортного потока;
- сезонные грузонапряженности;
- расчетные и фактические скорости на отдельных участках дороги.

6.3.1.5 Характеристики безопасности дорожного движения. Устанавливаются фактический и прогнозируемый для эксплуатируемых автомобильных дорог уровни безопасности дорожного движения.

6.3.1.6 Погодно-климатические характеристики местности. Устанавливаются:

- температура воздуха по сезонам;
- минимальные и максимальные температуры и их длительности;
- количество и длительность зимних оттепелей;
- виды и интенсивность осадков по сезонам;
- степень снегозаносимости участков автомобильной дороги;
- количество и длительность туманов по сезонам;
- гололедоопасные участки;
- длительность гололедоопасных периодов.

6.3.2 На этапе проектирования осуществляется обоснование конструктивных и технологических решений, обеспечивающих требуемые транспортно-эксплуатационные свойства макрошероховатых дорожных покрытий при конкретных условиях движения и воздействия природно-климатических факторов.

6.3.2.1 Обосновываются транспортно-эксплуатационные требования к отдельным участкам макрошероховатого дорожного покрытия в зависимости от категории автомобильной дороги и характеристик (обеспечиваемая скорость движения, яркость покрытия, допустимая шумность, допустимый уровень безопасности движения, обеспечиваемая грузонапряженность) (таблицы 5 и 6).

6.3.2.2 Обосновываются требования к нижележащему слою дорожного покрытия, в зависимости от способа устройства, вида материалов вышележащего и нижележащих слоев, воздействующих нагрузок и климатических условий. Требования к нижележащему слою обосновываются исходя из обеспечения требуемой устойчивости, прочности и долговечности сохранения транспортно-эксплуатационных свойств макрошероховатых дорожных покрытий. Условно эти требования можно разделить на три группы.

1) Требования к форме нижележащего слоя регламентируются согласно [2] по следующим параметрам:

- высотные отметки по оси;
- ширина слоя;
- толщина слоя;
- поперечные уклоны ([2] приложение 2, раздел 5).

2) Требования к прочностным характеристикам нижележащего слоя регламентируются по следующим параметрам:

- прочность на сжатие, определяется из условия, предложенного Н.Н. Ивановым:

$$R_{сж} \geq \frac{P \cdot K \cdot 2 \cdot h}{D \cdot tg\left(45^{o} + \frac{\varphi}{2}\right)}, \quad (1)$$

где: $R_{сж}$ – минимальная прочность на сжатие материала нижележащего слоя, гарантирующая, что он не будет разрушен колесом автомобиля при непосредственном контакте, либо от вдавливания фрагментов материала вышележащего слоя, МПа (определяется путем испытания на сжатие кернов, взятых из обрабатываемого покрытия);

P – максимальное удельное давление от колеса автомобиля в плоскости контакта с покрытием (для нагрузки группы А - 0,6 МПа; для нагрузки группы Б – 0,5 МПа);

K - комплексный коэффициент, учитывающий влияние горизонтальных усилий и степень пластичности материала обрабатываемого покрытия (на перегонах при легких условиях движения K = 3÷6; на участках с затруднительными условиями движения K = 6÷12; на участках с опасными условиями движения K = 12÷18. Меньшие значения берутся для более жестких материалов покрытия и средней интенсивности движения, большие – для пластичных материалов и тяжелого движения);

h – толщина нижележащего слоя покрытия, см; D – диаметр отпечатка контакта колеса с покрытием (для нагрузки группы А – 37 см; для нагрузки группы Б – 32 см);

φ – угол внутреннего трения материалов нижележащего слоя, ^{o} (определяется испытанием материала на сдвиг).

- сдвигоустойчивость нижележащего слоя, определяется из условия:

$$K_1 \cdot P \leq P \cdot tg\varphi + C_1 + C_2 = \tau_{сд}, \quad (2)$$

где: K_1 – коэффициент степени передачи вертикального давления на горизонтальные сдвиговые усилия, численно равный коэффициенту сцепления шины транспортного средства с покрытием в сухом и чистом состоянии (0,6-0,8); C_1 – среднее вязкое сцепление при длительном действии повторяющихся нагрузок при высокой температуре, МПа (определяется при испытании на

сдвиг образцов материала дорожного покрытия); C_2 – сцепление при кратковременных нагрузках, МПа (обычно в два-три раза больше, чем при длительном действии нагрузки, определяются при испытании на сдвиг образцов материала дорожного покрытия); $\tau_{сд}$ – суммарная сопротивляемость обрабатываемого покрытия сдвигу, МПа; прочность на отрыв материала дорожного покрытия определяется из условия:

$$O_T \geq 0{,}12 \quad , \tag{3}$$

где: O_m – сопротивляемость отрыву частиц материала от поверхности обрабатываемого покрытия в результате вакуумного воздействия шины в плоскости контакта с поверхностью покрытия, МПа (определяется испытанием на отрыв материала от поверхности покрытия); прочность на растяжение при изгибе, определяется из условия.

$$R_и \geq \sigma_r \quad , \tag{4}$$

где: $R_и$ – допускаемое растягивающее напряжение в материале рассматриваемого слоя с учетом условий работы, МПа;

$$R_и = \overline{R} \cdot (1 - t \cdot v_R) \cdot K_у \cdot K_m \quad , \tag{5}$$

где: $\overline{R}$ – среднее значение сопротивления материала обрабатываемого слоя покрытия растяжению при изгибе, МПа (определяется испытанием материала на изгиб); t – коэффициент нормативного отклонения $\overline{R}$, принимаемый в зависимости от уровня проектной надежности (таблица 7).

Таблица 7 - Зависимость коэффициента нормативного отклонения от уровня проектной надежности

Уровень проектной надежности	0,85	0,9	0,95
Коэффициент нормативного отклонения	1,06	1,32	1,71

v_R – коэффициент вариации, принимаемый равным 0,1;

K_y – коэффициент усталости в зависимости от интенсивности движения;

K_m – коэффициент снижения прочности от воздействия природных факторов (принимаемый для асфальтобетона I и II марок на щебне изверженных пород K_m = 1,0 и III марки K_m = 0,8; для смесей на щебне

осадочных пород и гравии I марки – $К_m$ = 0,9; для II и III марок $К_m$ = 0,7; для дегтебетона $К_m$ = 0,7); σ_r - наибольшее растягивающее напряжение от воздействия нагрузки, МПа:

$$\sigma_r = \overline{\sigma}_r \cdot P \cdot K_б, \qquad (6)$$

где: $\overline{\sigma}_r$ – расчетное растягивающее напряжение от изгиба под действием единичной нагрузки в обрабатываемом слое покрытия, МПа; $K_б$ – коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния (принимается равным 0,85). критерий допустимого прогиба под нагрузкой, обеспечивающий прочность на растяжение при изгибе обрабатываемого покрытия. Определяется при значительной разрушенности обрабатываемого покрытия (площадь деформаций и ранее отремонтированных разрушений превышает 20 % от общей площади покрытия; протяженность ранее отремонтированных трещин превышает 1,0 м/м^2 покрытия) по формуле:

$$l_{ср} = \frac{P \cdot D \cdot (1 - \mu)}{E_{тр}} \le l_{доп} \qquad , \qquad (7)$$

где: $l_{ср}$ – фактический упругий прогиб на поверхности покрытия, см (определяемый с помощью нивелира или прогибомера под колесом расчетного транспортного средства, или расчетом); D – диаметр отпечатка контакта колеса с покрытием (для нагрузки группы А – 37 см; для нагрузки группы Б - 32 см); μ – коэффициент Пуассона, принимается равным 0,3; $E_{тр}$ – требуемый модуль упругости дорожной одежды, МПа, (определяемый в зависимости от интенсивности движения, приведенной к расчетному транспортному средству); $l_{доп.}$ – допустимый упругий прогиб дорожной одежды на поверхности покрытия, см (для нагрузок группы А принимается равным 0,1 см; для нагрузок группы Б принимается равным 0,13 см).

6.3.2.3 Требования к состоянию обрабатываемого слоя, на котором предусматривается устройство макрошероховатого дорожного слоя, обуславливаются в зависимости от способа распределения материала и содержания воды в материале замыкающего слоя:

- чистота покрытия – характеризуется количеством твердых частиц (пыли, песка, грунта) на квадратном метре покрытия, г/м^2;

- влажность покрытия – оценивается влажностью соскреба с поверхности покрытия, % по массе;

- ровность покрытия – оценивается по просветам под трехметровой рейкой (местная ровность) и по величине амплитуд продольной ровности, получаемой нивелированием поверхности на базе 5, 10 и 20 м;

- колейность покрытия – оценивается максимальной стрелой просветов под трехметровой рейкой по полосам наката, мм;

- макрошероховатость поверхности – оценивается по параметрам уровня макрошероховатости;

- дефектность поверхности – характеризуется степенью отклонения фактического «рельефа» поверхности покрытия (неровности, раковины, выбоины, просадки и т.п.) от идеальной плоскости с поперечным и продольным уклоном, равным проектному в данной точке дорожного покрытия.

6.3.2.5 При несоответствии фактического состояния обрабатываемого нижележащего слоя покрытия, параметрам, приведенным в таблице 8, необходимо запроектировать мероприятия по приведению фактического состояния к требуемому. Выбранный способ приведения фактических прочностных характеристик и характеристик состояния обрабатываемого покрытия к требуемым должен комплексно удовлетворять всем требуемым параметрам.

6.3.2.6 В зависимости от видов дефектов на обрабатываемом слое покрытия рекомендуются способы и методы их устранения, приведенные в таблице 9.

6.3.2.7 Проектирование замыкающих поверхностных слоев дорожного покрытия осуществляется в приведенной ниже последовательности.

Таблица 8 - Требования к нижележащему обрабатываемому слою покрытия

Тип обрабатываемого нижележащего слоя покрытия, категория дорог	Планируемая толщина шероховатого слоя и способ распределения, мм	Прочностные характеристики					Характеристики состояния						
		Прочность на сжатие ($R_{сж}$), МПа, не менее	Сдвигоустойчивость ($\tau_{сд}$), МПа, не менее	Прочность на отрыв ($O_т$), МПа	Прочность на растяжение при изгибе ($R_и$),МПа	Допустимый упругий прогиб ($l_у$), мм, не более	Чистота, г/м^2	Влажность поверхности %, не более	Ровность: Просвет под трехметровой рейкой, мм не более	Ровность: Амплитуда на базе 5м, мм	Колейность, мм, не более	Уровень макрошероховатости	Допустимая дефектность (трещины и раковины), не более, мм
Асфальтобетон, I, II, III категории дорог	не более 25 разравнивание	0,6/0,9*	0,4/0,6	0,12	0,45	1,0	2/30*	2/30	14	7,0	14	от 2 до 3	10
То же	не более 25 поливка	0,6/0,9	0,4/0,5	0,12	0,45	1,0	2/30	2/30	10	7,0	0	от 2 до 3	5
То же	от 25 до 40 разравнивание	0,5/0,8	0,3/0,5	0,1	0,3	1,0	2/30	2/30	20	15	20	от 2 до 3	15
Асфальтобетон, обработанный битумом, III-IV категории дорог	не более 25 разравнивание	0,5/0,7	0,3/0,5	0,12	0,3	1,3*	2/30	2/30	20	10	20	от 2 до 3	15
То же	не более 25 поливка	0,5/0,7	0,3/0,5	0,12	0,3	1,3	2/30	2/30	14	10	0	от 2 до 3	10
То же	от 25 до 40 разравнивание	0,5/0,7	0,3/0,5	0,1	0,3	1,3	2/30	2/30	20	15	20	от 2 до 3	15
Цементобетон I,II,III категории дорог	не более 25 разравнивание	20	-	-	более 25,5	1,0**	3/30	3/30	10	7,0	-	от 2 до 3	10
То же	не более 25 поливка	20	-	-	более 25,5	1,0	3/30	3/30	7,0	7,0	-	от 2 до 3	5
То же	от 25 до 40 разравнивание	20	-	-	более 15,5	1,0	3/30	3/30	15	15	-	от 2 до 3	15

Примечания 1 *) - прочностные характеристики в числителе приведены для легких условий движения, в знаменателе для затрудненных и опасных;
2 - характеристики состояния приведены в числителе для материалов, не содержащих в своем составе воду, в знаменателе – содержащих в составе воду
3 **) - допустимый упругий прогиб на цементобетонных покрытиях определяется при положении расчетной нагрузки над поперечными трещинами в цементобетонной плите. При отсутствии на поверхности цементобетонных плит поперечных или косых трещин этот показатель не определяется.

Таблица 9 - Способы и методы приведения фактического состояния нижележащего покрытия к требуемому

Тип покрытия и параметры, несоответствующие требуемым характеристикам	Способ приведения фактического состояния к требуемому	Методы ведения работ
Асфальтобетон, прочностные характеристики	Усиление нижнего слоя	Регенерация, наращивание толщины дорожной одежды
Асфальтобетон, прочность на отрыв, уровень макрошероховатости	Закрепление поверхности, искусственная шероховатость	Тонкослойная регенерация поверхности, тонкослойные поверхностные обработки
Асфальтобетон, ровность, колейность, деформированная поверхность	Выравнивание поверхности	Термопрофилирование, фрезерование, выравнивающие слои
Асфальтобетон, местные дефекты (ямочность, шелушение, трещины и т.п.)	Локальные ремонтно-профилировочные работы	Ямочный ремонт, ремонт трещин, локальный ремонт поверхности
Цементобетон, прочностные характеристик	Усиление цементобетонного покрытия	Регенерация, перекрытие слоем асфальтобетона или цементобетона
Цементобетон, прочность на отрыв, уровень макрошероховатости	Закрепление поверхности, нанесение шероховатости	Тонкослойная поверхностная обработка, обработка поверхности полимерно-вяжущими составами
Цементобетон, ровность, коробление плит	Выравнивание поверхности	Фрезерование, укладка выравнивающих асфальтобетонного или цементобетонного слоев
Цементобетон, недопустимая дефектность (ямочность, шелушение и т.п.)	Локальные ремонтно-профилировочные работы	Ямочный ремонт, заделка трещин, укладка выравнивающего слоя, локальный и поверхностный ремонт

1) В зависимости от категории автомобильной дороги, типа покрытия, эксплуатационного его состояния, интенсивности и состава движения, погодно-климатических факторов поверхность дорожного покрытия условно разбивается на характерные участки, отличающиеся требуемым уровнем макрошероховатости. Для каждого характерного участка в соответствии с таблицей 5 назначаются требуемый уровень макрошероховатости и соответствующие ему параметры по таблице 2.

2) В зависимости от состояния и технологической направленности региональной производственно-технической базы, наличия дорожно-строительных материалов, наличия и состояния технологических машин и оборудования, накопленного регионального опыта, намечается тип макрошероховатого слоя покрытия.

6.3.2.8. Износостойкость покрытий зависит от ряда факторов: материала поверхностного слоя, структуры макрошероховатой поверхности, климатических условий и нагрузки (интенсивности, состава, скорости движения). Верхний макрошероховатый слой дорожного покрытия может устраиваться и как самостоятельный слой из материалов, отличных от материалов покрытия. Во всех случаях толщина верхнего макрошероховатого слоя должна определяться из условия износостойкости и планируемого срока службы. Годовой износ дорожного покрытия определяется по формуле.

$$h_{\text{г}} = \left(a + b \cdot Q\right) \cdot K_{\text{тех}} \quad , \tag{8}$$

где: $h_г$ – износ покрытия, мм/год; a – износ за счет воздействия природных факторов, зависящий от материала покрытия, мм/год; b – удельный износ от воздействующей нагрузки, и вида материалов покрытия, мм/млн.кН; Q – грузонапряженность, млн. кН/год (суммарная нагрузка от всех осей на покрытие за год. Определяется по формуле;

$$Q = 0{,}01 \cdot N_{ср} \quad , \tag{9}$$

где: $N_{ср}$ – приведенная средняя интенсивность движения, авт/сут.

$K_{тех}$ – коэффициент, зависящий от качества содержания поверхности покрытия, применяемых технологических машин и материалов (от 1 до 1,3).

Значения параметров, входящих в формулу 8, помещены в таблицу 10.

6.4 Расчетный износ за рассчитываемый период времени рассчитывается по формуле:

$$h_{Ти} = a \cdot T + 0{,}01 \cdot N_{ср} \Big/ \left(b \cdot \frac{(K \cdot q)^T - 1}{K \cdot q - 1} \right) \quad , \qquad (10)$$

где: $h_{Ти}$ – износ покрытия за T лет, см;

a – износ за счет воздействия природных факторов, зависящий от материала покрытия, мм/год (принимается по таблице 10);

T – планируемый срок службы поверхностного слоя, лет;

$N_{ср}$ – приведенная средняя интенсивность движения, авт./сут.;

b – удельный износ от воздействующей нагрузки, и вида материалов покрытия, мм/млн.кН (принимается по таблице 10);

K – коэффициент, учитывающий повышение количества тяжелых машин в составе транспортного потока (от 1,05 до 1,07);

q – знаменатель прогрессии роста интенсивности движения, рассчитывается по формуле;

$$q = 1 + \frac{P}{100} \quad , \qquad (11)$$

где: P – процент ежегодного прироста интенсивности движения, %.

Планируемый износ не должен превышать допустимого по таблице 10.

Толщина поверхностного слоя рассчитывается по формуле 12. Она не учитывается при прочностном расчете дорожных одежд и не должна более чем на 30 % превышать величину общего износа:

$$h_{пс} = K_{ср} \cdot h_{Ти} \quad , \qquad (12)$$

где: $h_{п.с.}$ – толщина макрошероховатого слоя покрытия, см;

$K_{ср}$ – коэффициент, учитывающий условия работы поверхностного слоя, если поверхностный слой предусматривается, как совместно работающий с верхним слоем покрытия, то $K_{ср} = 1{,}2 \div 1{,}3$;

Таблица 10 - Значения параметров износостойкости

Тип покрытия	Климатический износ (*a*), мм/год	Удельный износ от движения (b), мм/млн. кН	Допустимый износ, мм
Цементобетон	от 0,15 до 0,3	от 0,01 до 0,03	10
Асфальтобетон	от 0,4 до 0,6	от 0,025 до 0,055	10
Двойная поверхностная обработка	от 1,3 до 2,7	от 0,35 до 0,55	25
Одиночная поверхностная обработка	от 1,4 до 2,8	от 0,4 до 0,6	12
Щебеночные из прочных пород	от 4,5 до 5,5	от 1,5 до 2	40
Щебеночные из слабых пород	от 5,5 до 6,5	от 1,9 до 2,5	50
Гравийные из прочных пород	от 3,0 до 4,0	от 1,6 до 2,2	50
Гравийные из слабых пород	от 4,0 до 6,0	от 2 до 3	70

Примечания

1 Средние значения *a* и *b* принимаются для дорог, расположенных в III дорожно-климатической зоне; верхние пределы принимаются для дорог с усовершенствованными покрытиями, расположенными во II дорожно-климатической зоне, нижние – для дорог, расположенных в IV – V дорожно-климатических зонах;

2 Для дорог с щебеночными и гравийными покрытиями, расположенными в зоне избыточного увлажнения принимаются нижние пределы, а для дорог, расположенных в зонах с сухим климатом – верхние пределы *a* и *b*;

3 Если ширина покрытия превышает 7 м, значения *b* уменьшают на 15 %, если меньше 6 м, значения *b* увеличивают на 15 %.

$h_{Ти}$ – износ поверхностного слоя покрытия за T лет, см.

Толщина верхнего слоя рассчитывается по формуле:

$$h_{всп} = h_{вср} \cdot h_{пс} \quad , \qquad (13)$$

где: $h_{всп}$ – толщина верхнего слоя дорожного покрытия, см;

$h_{вср}$ – расчетная толщина верхнего слоя покрытия, см.

Если макрошероховатый слой предусматривается как самостоятельно работающий и устраиваемый слой, то для тонких слоев толщиной менее 25 мм $K_{ср}$ = 1,1÷1,2; для слоев толщиной от 25 до 40 мм $K_{ср}$ = 1,5÷2,0.

6.3.2.10 Толщину макрошероховатого слоя дорожного покрытия выбирают меньше наибольшей высоты профиля макрошероховатости согласно условию:

$$h_{\text{пс}} \geq R_{\max} \quad , \tag{14}$$

где: R_{max} – наибольшая высота профиля макрошероховатости, см.

Толщина макрошероховатого слоя дорожного покрытия не может быть меньше максимального диаметра:

$$h_{\text{пс}} \geq Q_{\max} \quad , \tag{15}$$

где: Q_{max} – максимальный диаметр элементов макрошероховатости, см.

6.5 Если поверхностный слой макрошероховатого дорожного покрытия входит в состав верхнего слоя покрытия (совместно работающий и устраиваемый), то минимальная толщина верхнего слоя покрытия должна быть больше максимального диаметра элементов макрошероховатости и удовлетворять условию:

$$h_{\text{всп}} \geq 5 \cdot Q_{\max} \quad . \tag{16}$$

6.6 Устанавливаются минимально допустимые прочностные характеристики макрошероховатого дорожного покрытия. Если поверхностный слой не выделяется из верхнего слоя макрошероховатого дорожного покрытия, то прочностные характеристики его регламентируются существующими нормативно-техническими документами как для верхнего слоя покрытия. Если поверхностный слой проектируется как самостоятельный, то устанавливаются следующие характеристики:

- сдвигоустойчивость поверхностного слоя (определяется из условия 10);
- прочность на отрыв (определяется из условия (1));
- прочность на растяжении при изгибе (определяется из условия (2)), если толщина поверхностного слоя больше 30 мм, при меньшей толщине этот параметр не регламентируется.

6.7 Проектирование минеральной составляющей структурообразующих элементов макрошероховатого дорожного покрытия осуществляется удовлетворением ряда основных транспортно-эксплуатационных требований.

6.8 Параметры шумности (уровень звука) и яркости макрошероховатого дорожного покрытия зависят от гранулометрического состава минеральной части поверхностного слоя и вида минерала. Уровень звука характеризуется силой звука, которая пропорциональна квадрату амплитуды и квадрату частоты колебательного процесса в зоне контакта шины с покрытием. Амплитуда колебаний зависит от глубины впадин ($R_{ср}$), частота колебаний зависит от шага макрошероховатости ($S_{ср}$) и скорости движения транспортных средств. Для снижения уровня звука от движения с увеличением расчетной скорости необходимо стремиться к более мелкозернистой и плотной текстуре макрошероховатости при обеспечении минимально необходимого коэффициента сцепления (таблица 2). Увеличение плотности структуры приводит к снижению частоты колебаний звука от высокого к более низкочастотному диапазону, а коэффициент сопротивления движению возрастает.

6.9 Для повышения яркости поверхностного битумосодержащего слоя покрытия необходимо, чтобы крупно-структурные элементы шероховатости (наиболее крупные фракции щебня) подбирались из светлых пород каменных материалов (светло-серого гранита, сиенита, габро, кварцита, песчаника, известняка и т.п.). Если прочных светлых каменных материалов нет, то в крупнофракционную составляющую материала рекомендуется добавлять от 40 до 50 % искусственного каменного материала типа ксилолита.

6.10 На основании вышеизложенного проектируется гранулометрический состав для поверхностного слоя с учетом следующих принципов:

- средний диаметр структурообразующих фракций должен в 1,5 раза быть больше проектируемого среднего квадратического отклонения (σ_{acp}) т.е. должно выполняться условие:

$$Q_{\text{ср}} = 1{,}5 \cdot \sigma_{acp} \quad , \qquad (17)$$

где: $Q_{ср}$ – средний диаметр структурообразующих фракций, см;

$\sigma_{аср}$ – проектируемая среднее квадратическое отклонение, см.

6.11 Максимальный и минимальный диаметры структурообразующих элементов определяются в зависимости от принятой степени плотности структурных элементов, рассчитываемой по формуле:

$$\rho = \frac{Q_{\text{ср}}}{S_{\text{ср}}} \quad , \tag{18}$$

где: ρ – степень плотности структурных элементов;

$S_{ср}$ – средний шаг макрошероховатости, мм.

6.12 Максимальный диаметр фракции структурообразующих элементов определяется из условия:

$$Q_{\max} = Q_{ср} \cdot \left(1 + t_p \cdot v_0\right) , \tag{19}$$

где: Q_{max} – максимальный диаметр фракции структурообразующих элементов;

t_p – коэффициент Стьюдента, который для двухсторонней доверительной вероятности равной 0,95 принимается равным 2,0;

v_0 – коэффициент вариации диаметров частиц, который принимается равным половине диапазона принятой степени плотности структурных элементов и рассчитывается по формуле:

$$v_0 = \frac{1-\rho}{2} \quad . \tag{20}$$

Минимальный диаметр фракции структурообразующих элементов определяется из условия:

$$Q_{\max} = Q_{ср} \cdot \left(1 - t_p \cdot v_0\right) \quad . \tag{21}$$

Максимальный диаметр фракций сравнивается с толщиной поверхностного слоя, определенного относительно толщины слоя и максимального размера фракций структурообразующих элементов. При проектировании осуществляются требуемые корректировки в сторону увеличения толщины слоя либо в сторону уменьшения максимального диаметра.

6.13 Зная диапазон между максимальным и минимальным диаметрами структурообразующих элементов макрошероховатости, определяется способ устройства шероховатого слоя и методика подбора минерального заполнителя в случае, когда толщина слоя более чем в два раза превышает максимальный диаметр структурообразующего щебня. При этом могут возникнуть варианты, приведенные в таблице 11.

6.14 Подбор вяжущего осуществляется в зависимости от типа, состояния и свойств нижележащего обрабатываемого слоя покрытия, условий движения, климатических условий, вида и технологии.

Свойства вяжущего и, при необходимости, модифицирующих добавок, должны обеспечивать хорошую адгезию к нижележащему обрабатываемому слою и к минеральным составляющим макрошероховатого дорожного покрытия, должны обеспечивать запроектированные прочностные характеристики и требуемую эксплуатационную надежность в течение предусмотренного срока службы.

6.15 Консистенция, тип и марка вяжущего, способ введения, технология обработки, удельная дозировка вяжущего и улучшающих добавок должны подбираться в лаборатории. Образование прочных и устойчивых конгломератных структур достигается использованием физико-химических закономерностей:

- кислотные радикалы (катионоактивные окислы и углеводородные соединения) взаимодействуя с основными радикальными (анионактивные щелочные соединения) образуют устойчивую и прочную структуру (хорошая адгезия); при взаимодействии кислотных с кислотными радикальными или основных с основными образуются неустойчивые структурные связи (плохая адгезия);

- для активизации поверхностных радикалов затрачивают либо механическую энергию (дробление, перемешивание, соударение), либо физико-химическую (ионизация, активизирующие ионоактивные добавки, катализирующие добавки).

Таблица 11 - Варианты устройства поверхностных шероховатых слоев покрытий и методы подбора для них минеральной составляющей

Толщина поверхностного слоя, мм	Относительная толщина слоя к максимальному диаметру	Отношение максимального к минимальному диаметру	Метод побора гранулометрического состава минеральной части	Метод устройства поверхностного слоя
не более 10	от 1,0 до 1,5	не более 2,0	не подбирается	Однослойная поверхностная обработка, метод втапливания, распределение черного щебня
не более 10	от 1,5 до 2,0	от 2,0 до 4,0	не подбирается	Двойная поверхностная обработка, распределение черного щебня
не более 10	не менее 2	не менее 2,0	*плотные и пористые смеси по непрерывной и прерывистой гранулометрии	Распределение готовой смеси типов SS, MS, ЛЭМС, черного щебня
от 10 до 20	от 1,0 до 1,5	не более 2,0	не подбирается	Однослойная поверхностная обработка, метод втапливания, укладка черного щебня
от 10 до 20	от 1,5 до 2,0	от 2,0 до 4,0	не подбирается	Двухслойная поверхностная обработка, укладка черного щебня
от 10 до 20	не менее 2,0	не менее 2,0	*плотные и пористые смеси по непрерывной и прерывистой гранулометрии	Распределение готовой смеси, ЛЭМСщ, ЩМА-10, черный щебень
от 20 до 30	от 1,5 до 2,0	от 2,0 до 4,0	не подбирается	Двухслойная поверхностная обработка, укладка черного щебня
от 20 до 40	не менее 2,0	не менее 2,0	*плотные и пористые смеси по непрерывной и прерывистой гранулометрии	Распределение готовой смеси ЩМА-5, ЩМА-20, асфальтобетон, черный щебень

Примечание - *) зерновые составы битумоминеральных смесей подбираются по таблице 3 ГОСТ 9128; для ЩМА – по [9], для ЛЭМС – по [10-12].

6.16 Контроль сцепления (адгезии) между щебнем и битумом рекомендуется производить по методике Виалита: на начальной стадии производства работ на участке; в процессе производства работ, при замене материалов, марки битума, породы или фракции щебня; постоянно при устройстве шероховатой поверхностной обработки, при температуре воздуха приближающейся к минимально допустимой.

6.17 Этап проектирования подготовительных, основных и заключительных работ по устройству шероховатых слоев покрытий. Общими принципами проектирования технологических процессов являются: минимум типоразмеров технологических машин, участвующих в технологическом процессе; максимальные коэффициенты использования технологических машин; максимальная простота технологических связей при минимальной технологической взаимозависимости выполнения технологических операций.

6.18 Оптимизация перечисленных технологических принципов может быть достигнута на основе технико-экономического анализа нескольких альтернативных вариантов технологии и организации работ.

6.19 Если возникает необходимость в устройстве на одной и той же дороге шероховатых поверхностных слоев разного уровня шероховатости, то следует проектировать технологию, обеспечивающую многовариантность материалов без коренного изменения конструкций и компоновок технологических машин.

6.20 Технологический процесс рекомендуется настраивать по производительности наиболее загруженной технологической машины или по наиболее загруженному звену в технологическом процессе. Основным критерием удачно запроектированного технологического процесса является качество готовой продукции.

6.21 Технологический процесс проектируется в приведенной последовательности.

1) Устанавливается принципиальный технологический метод устройства шероховатого конструктивного слоя (таблицы 12 и 13).

Таблица 12 - Варианты технологий устройства макрошероховатых дорожных покрытий

Толщина шероховатого слоя, мм	Технология устройства и распределения материалов в покрытие	Основные технологические машины	Вспомогательные технологические машины	Оборудование производственно-технической базы
не более 20	Поверхностная обработка с раздельным распределением вяжущего и щебня	Автогудронаторы, щебнераспределители, катки	Поливомоечные машины, механические щетки, транспортные машины, инструменты	Битумные базы, дробильно-сортировочные заводы, обогатительные установки
не более 20	Поверхностные обработки с синхронным распределением вяжущего и щебня	Битумощебнераспределители, катки	Поливомоечные машины, механические щетки, транспортные машины, битумовозы, инструмент	Битумные базы, дробильно-сортировочные заводы, обогатительные установки
не более 20	Поверхностная обработка методом распределения ЛЭМС, SS, ms	Специальные распределители	Поливомоечные машины, транспортные машины, битумовозы, инструменты	Битумные базы, дробильно-сортировочные заводы, обогатительные установки
не более 20	Поверхностная обработка методом втапливания	Щебнераспределители, катки	Транспортные машины	Асфальтобетонный завод
от 20 до 30	Двойная поверхностная обработка с раздельным распределением вяжущего и щебня	Автогудронаторы, щебнераспределители, катки	Поливомоечные машины, механические щетки, транспортные машины, инструменты	Битумные базы, дробильно-сортировочные заводы, обогатительные установки
от 20 до 30	Поверхностная обработка черным щебнем	Автогудронаторы, асфальтоукладчики, катки	Поливомоечные машины, щетки, транспортные машины, инструменты	Асфальтобетонный завод
от 30	Укладка готовых битумоминеральных смесей (асфальтобетон, ЩМА, черный щебень)	Асфальтоукладчики, катки	Поливомоечные машины, щетки, транспортные машины, автогудронаторы, инструменты	Асфальтобетонный завод

2) Устанавливаются технологический условия (вид, температура, влажность и т. д.) и оптимальные технологические режимы (скорость перемешивания, интенсивность вибрирования и т.д.) приготовления материалов и устройства готовой конструкции, обеспечивающие требуемый уровень качества.

Подбираются технологические машины, обеспечивающие оптимальный технологический режим. Составляются технологически связанные группы.

3) Составляется технологическое описание процессов с подсчетом производительности отдельных звеньев, групп, отрядов.

4) Составляется технологическая схема взаимодействия технологических звеньев и групп в технологическом процессе, определяется оптимальное количество технологических машин.

5) Оптимизируется длина сменной захватки, комплектуются технологические звенья, устанавливаются объемы ресурсов, необходимых в смену (материалы, технологические и вспомогательный машины, персонал).

6) Определяются основные технико-экономические показатели технологического процесса. Если проектируются различные технологические процессы, то для непосредственного выполнения работ выбирается тот, чьи технико-экономические показатели являются наилучшими, применительно к показателю удельной себестоимости единицы готового конструктивного слоя.

7) Для выбранного технологического процесса разрабатывается система контроля качества и методы исправления некачественных результатов работ.

6.22 Рассмотрение различных вариантов устройства поверхностного слоя макрошероховатого дорожного покрытия производится согласно таблице 12.

6.23 При проектировании технологии подготовительных работ уделяют внимание активизации поверхности нижнего обрабатывающего слоя для обеспечения хорошей адгезии между верхним и нижним слоями. С целью активизации поверхность обрабатываемого слоя должна быть очищена от пыли и грязи до критериев качества, приведенных в таблице 13.

Таблица 13 - Критерии качества и их минимальные значения

Виды технологий и конструктивного слоя	Параметры качества	Минимальные значения параметров
Однослойные и двухслойные поверхностные обработки	Сдвигоустойчивость по обрабатываемому слою, МПа	от 0,4 до 0,6
	Прочность на отрыв от обрабатываемого слоя, МПа, не менее	0,12
	Износостойкость, не более, мм/год	2
	Уровень макрошероховатости	от 3 до 4
Асфальтобетон, ЩМА, битумоминеральные смеси	Прочность при сжатии при t=50°С, МПа	от 1 до 1,2
	Прочность при сжатии при t=0°С , МПа	от 9 до 13
	Водостойкость, не менее	0,95
	Сдвигоустойчивость по нижнему слою, не менее, МПа	от 0,4 до 0,6
	Прочность на растяжение при изгибе, не менее, МПа	0,45
	Износостойкость, мм/год	от 1 до 2
	Уровень макрошероховатости	по проекту
ЛЭМС, эмульсионно-минеральные смеси	Прочность при сжатии при t=50°С, МПа, не менее	0,6
	Прочность при сжатии при t=0°С, МПа, не более	9
	Водостойкость, не менее	0,85
	Сдвигоустойчивость по нижнему слою, МПа	от 0,4 до 0,6
	Прочность на отрыв, не менее, МПа	0,12
	Износостойкость, мм/год, не более	1,0
	Уровень макрошероховатости	от 3 до 4
Шероховатый слой методом втапливания	Прочность на отрыв от поверхностного слоя, МПа, не менее	0,12
	Износостойкость, мм/год	от 1 до 1,5
	Уровень макрошероховатости	от 3 до 4
Поверхностные слои по цементобетону	Прочность на отрыв от поверхностного слоя, не менее, МПа	0,12
	Сдвигоустойчивость, МПа	от 0,4 до 0,6
	Износостойкость, мм/год	от 1 до 2
	Уровень макрошероховатости	от 3 до 4

6.24 Трещины должны быть заделаны битумом или битумной мастикой, искажения поперечного профиля должны быть выровнены выравнивающим слоем. Указываются виды используемых материалов, температурные и влажностные

характеристики их использования, способы и технологический режим ремонта, рекомендуемые технологические машины, приспособления и оборудование.

6.25 Устанавливается требуемый критерий качества макрошероховатого дорожного покрытия и его нормативные или проектные значения (минимально допустимые и максимально допустимые величины) согласно таблицы 13.

7 Методы проектирования геометрических свойств макрошероховатого дорожного покрытия на основе теоретико-вероятностного подхода

7.1 Измеряемые параметры макрошероховатости дорожных покрытий назначаются согласно ГОСТ 2789 и дополнительных статистических инвариантов.

7.2 Средняя глубина впадин макрошероховатости дорожных покрытий (раздельно вдоль и поперек) определяется по формуле:

$$R_{\text{acp}} = \frac{\sum_{\text{i=1}}^{\text{n}_1} R_{\text{ai}}}{\text{n}_1}, \qquad (22)$$

где R_{acp} – средняя глубина впадин макрошероховатости, мм;

i – номер впадины;

R_{ai} – частная глубина впадины макрошероховатости, мм;

n_l – количество местных выступов макрошероховатости, шт.

7.3 Средний шаг местных выступов макрошероховатости дорожных покрытий (средний шаг шероховатости) определяется как среднее значение шага местных выступов в пределах базовой длины) по формуле:

$$s_{\text{ср}} = \frac{\sum_{\text{i=1}}^{\text{n}_1} s_{\text{i}}}{\text{n}_1}, \qquad (23)$$

где S_{cp} – средний шаг местных выступов макрошероховатости, мм;

S_i – шаг местных выступов макрошероховатости, мм.

7.4 Средний шаг контактов шины транспортного средства с макрошероховатым дорожным покрытием, определяется по формуле:

$$d_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n_K} d_i}{n_K} \quad (24)$$

где $d_{ср}$ – средний шаг контактов шины транспортного средства с поверхностью покрытия, мм;

d_i – шаг контакта шины транспортного средства с поверхностью покрытия, мм;

n_K – количество контактов местных выступов макрошероховатости с шиной транспортного средства, шт.

7.5 Средняя высота выступов P определяется как среднее из высот выступов p_i.

7.6 Статистической характеристикой геометрии макрошероховатости является дисперсия, вычисляемая по формуле:

$$G^2 = \frac{\sum_{n=1}^{N} \left(X_n - \overline{X}\right)^2}{N-1}, \quad (25)$$

где $\overline{X}$ - среднее значение расстояний от базы измерений до высот активных выступов X_n:

$$\overline{X} = \frac{\sum_{n=1}^{N} X_n}{N}, \quad (26)$$

N – число измерений.

Данный параметр не противоречит основным характеристикам макрошероховатых дорожных покрытий и относится к новой статистической оценки разновысотности.

7.7 Относительная плотность контактов элементов макрошероховатых дорожных покрытий с шиной транспортного средства (плотность контактов), определяется по формуле:

$$N_к = \frac{d_{ср}}{S_{ср}} \quad , \qquad (27)$$

где $N_к$ – относительная плотность контактов элементов макрошероховатости с шиной транспортного средства.

7.8 Считается, что если $N_к$ больше 2,0 – контактирование очень плотное, если $N_к$ больше 1,0 - плотное, $N_к$ меньше 1,0 – разреженное, $N_к$ меньше 0,5 - редкое, $N_к$ меньше 0,25 - очень редкое.

7.9 Степень плотности шероховатости (ρ) характеризуется отношением среднего диаметра элементов макрошероховатых дорожных покрытий к среднему шагу макрошероховатости на площади контакта шины транспортного средства с макрошероховатым дорожным покрытием. Рассчитывается по формуле:

$$\rho = \frac{S_{ср}}{Q_{ср}} \quad , \qquad (28)$$

где: ρ - степень плотности макрошероховатости;

$Q_{ср}$ – средний диаметр элементов макрошероховатости, мм;

$S_{ср}$ – средний шаг макрошероховатости, мм.

7.10 По степени плотности структуры шероховатости поверхности подразделяются на группы, приведенные в таблице 14.

Таблица 14 - Классификация поверхностей в зависимости от степени плотности структуры макрошероховатости

Группа	Пределы значений
Плотная	менее 0,2
Разреженная	от 0,2 до 0,4
Редкая	от 0,4 до 0,2
Очень редкая	от 0,6 до 0,8
Бесструктурная	от 0,8 до 1,0

7.11 Активность поверхности элементов макрошероховатости характеризует адгезионную активность материала и структуры микрошероховатости (величину микровыступов и микропор). Активность поверхности элементов макрошероховатости оценивается в баллах согласно таблице 15.

Таблица 15 - Характеристика активности поверхности элементов макрошероховатости

Активность поверхности элементов макрошероховатости	Балл активности поверхности	Характеристика микрошероховатости элементов макрошероховатости	Группа горных пород по генезису
Чрезвычайно активная	5	Крупнокристаллическая структура с остроганными выступами более 3,0 мм (1 выступ на базе 5,0 мм)	Граниты, сиениты, диориты
Очень активная	4	Крупно- и среднекристаллическая структура с тупогранными выступами от 1,0 до 3,0 мм (1-2 выступа на базе 5,0 мм)	Граниты, сиениты, диориты, кристаллические сланцы
Активная	3	Средне- и мелкокристаллическая структура с выступами от 0,5 до 1,0 мм (2-3 выступа на базе 5,0 мм)	Граниты, базальты, песчаники, известняки
Малоактивная	2	Мелко- и скрытокристаллическая структура с выступами менее 0,5 мм (3-4 выступа на базе 5,0 мм)	Песчаники, известняки, кварциты
Неактивная	1	Скрытокристаллическая плотная структура с гладкой или слегка шероховатой поверхностью	Песчаники, известняки, кварциты, липариты, андезиты, базальты

7.12 Предполагается, что влияние выпуклости – вогнутости элемента макрошероховатости относится к степени неопределенности и может увеличивать или уменьшать степень активности.

7.13 Для новой поверхностной обработки количество элементов с выпуклостью и вогнутостью считается одинаковым. В процессе износа (приработки) элементы макрошероховатости приобретают сглаженную выпуклую форму и количество элементов с выпуклостью увеличивается.

7.14 Коэффициент развития профиля макрошероховатости (K_p) характеризует степень изломанности профиля макрошероховатости, численно равен отношению длины линии профиля в пределах базовой длины к базовой длине. Рассчитывается по формуле:

$$\mathrm{K_p} = \frac{L_{\text{пр}}}{\mathrm{l}}, \qquad (29)$$

где: $L_{пр}$ – длина линии профиля, мм.

7.15 Чем больше численное значение принимает коэффициент развития профиля макрошероховатости (K_p), тем более шероховатой считается поверхность покрытия. Для гладких покрытий $K_p = 1$.

7.16 Аналогично методическому обеспечению ГОСТ 2789 предлагается использовать способ оценки среднеквадратического отклонения разновысотности и разноглубинности шероховатости через показания отдельно десяти измерений активных выступов (разновысотность) и десяти впадин (разноглубинность) на основе формул:

$$\overline{x}_\sigma = \frac{\sum_{i=1}^{5} x_{i\,верх} - \sum_{i=1}^{5} x_{i\,нижн}}{5}, \overline{z}_\sigma = \frac{\sum_{i=1}^{5} z_{i\,верх} - \sum_{i=1}^{5} z_{i\,нижн}}{5}, \qquad (30)$$

где $\overline{x}_\sigma$ – оценка среднеквадратического отклонения разновысотности выступов; $x_{i\,верх}, x_{i\,нижн}$ – результаты измерений пяти верхних и пяти нижних выступов; – оценка среднеквадратического отклонения разноглубинности впадин; $z_{i\,верх}, z_{i\,нижн}$ – результаты измерений пяти верхних и пяти нижних впадин.

7.17 Для оценки сегрегации распределенных элементов макрошероховатости (щебня) предлагается использование числа знакочередований выступов или впадин шероховатости относительно их средних линий (как оценки их автокорреляции). Учет информации о знакочередовании позволяет оценить декорреляцию – достижение требуемого качества геометрии макрошероховатого дорожного покрытия.

7.18 Оценка статистических параметров декоррелированности производится следующим образом. Предлагается показатель число знакочередований, который является физическим смыслом и оценкой коэффициента корреляции соседних отклонений выходного параметра качества и показывает степень декоррелированности как степени выработки возможных ресурсов повышения качества. Выборка представляет собой последовательность бинарных событий вида -1 или +1. Учет информации о знакочередовании знаков высот активных выступов позволяет для декоррелированной выборки определять площадки с повышенным коэффициентом сцепления, а для коррелированной – площадки с пониженным коэффициентом сцепления и переходные состояния.

7.19 Могут быть использованы обобщенные выражения для числа знакочередований для объемов (3-5) текущей выборки:

$$S_{n-1} = -0{,}5 + \frac{N}{2} - 0{,}5 \sum_{i=n-(N-1)}^{n-1} sign X_i^* \cdot sign X_{i-1}^* \ , \quad 3 \le N \le 5 \ , \tag{31}$$

где N – объем скользящей выборки, S_{n-1} – число знакочередований в скользящей выборке.

7.20 Расчет числа знакочередований производится по формулам:

$$z_i = \prod_{i=1}^{n-1} sign(x_i - u) sign(x_{i+1} - u) \ , f_i = \frac{z_i + 1}{2} \ , y_j = l - \sum_{i=j}^{j+l-1} f_i \ , \tag{32}$$

где x_i – дискретное значение высоты выступа или глубины впадин, z_i , f_i – служебные параметры, y_j – число знакочередований.

7.21 Результаты измерений параметров шероховатости на участке работ обрабатываются статистически. По полученным значениям оценивается

качество макрошероховатого дорожного покрытия путем сравнения среднего значения измеренных параметров с проектными.

7.22 Для оценки типа макрошероховатости дорожных покрытий в практических целях в процессе строительства или эксплуатации автомобильных дорог достаточно определять следующие основные характеристики макрошероховатых структур: среднюю глубину впадин (высоту выступов); средний шаг макрошероховатости; плотность контактов; разновысотность активных выступов, отвечающую за изменение коэффициента сцепления, и разноглубинность впадин, отвечающую за водоотведение. При проектировании макрошероховатого дорожного покрытия необходимо учитывать их зависимость от проектируемых параметров интенсивности и состава движения с учетом обеспечения требуемых значений коэффициента сцепления.

7.23 Разновысотность выступов и разноглубинность впадин предлагается оценивать через дисперсию или среднеквадратическое отклонение, как статистические инварианты.

7.24 Рекомендуемый способ создания макрошероховатого дорожного покрытия реализуется следующим образом. Регулируют разброс размеров зерен в диапазоне фракции щебня, причем разброс размеров зерен выбирают по определенному закону распределения в диапазоне фракции щебня в соответствии с требуемыми параметрами макрошероховатости. Закон распределения размеров зерен обеспечивают смешиванием фракции щебня с дополнительной фракцией щебня с меньшим разбросом в заданном диапазоне. Контакт протектора колеса транспортного средства происходит на глубину вжатия до 3,0 мм. Поэтому диапазон дополнительной фракции щебня выбирают в пределах 3,0 мм от максимального значения размера щебня в диапазоне основной фракции. Например, щебень основной фракции 5-20 мм смешивают с дополнительной фракцией 8-11 мм в пропорции 3:2.

7.25 Рекомендуется применение ГОСТ 2789. Для обеспечения воспроизводимости результатов измерения и слабой зависимости от выбора

уровня сечения профиля необходимо переходить от математического ожидания к дисперсии высот активных выступов.

7.26 Согласно ГОСТ 2789 устанавливается перечень параметров и типов направлений неровностей, которые должны применяться при установлении требований и контроле макрошероховатости поверхности, числовые значения параметров.

7.27 Для условий России перспективными являются:

- традиционная технология поверхностных обработок методом поливок с раздельным по времени распределением вяжущего и щебня;

- технология поверхностных обработок с синхронным распределением битума и щебня;

- технология устройства верхних слоев дорожных покрытий из щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА), т.к. эта технология может быть реализована на технологическом оборудовании для производства и укладки обычных укатываемых асфальтобетонов;

- технология устройства верхних слоев покрытий и обычного асфальтобетона с проектными свойствами поверхности, в том числе и с использованием технологии метода втапливания черного щебня одномерных фракций или пористого многощебеночного асфальтобетона с прерывистой гранулометрией.

7.28 Обеспечение сцепных качеств поверхностей происходит за счет их шероховатости, которая включает макро-, микро- и молекулярную составляющие. При этом, вклад в него макрошероховатой составляющей максимален. Для обеспечения макрошероховатой поверхности используют слои поверхностных обработок или слои из БМО смесей (битумо-минеральные открытые смеси, средняя высота выступов шероховатости которых R_z составляет от 4 до 6 мм и равна абсолютному их износу за межремонтный срок службы слоя).

7.29 Рекоменедуется применять слои из многощебенистых смесей в которых текстура поверхности возобновляется в процессе эксплуатации, за счет использования разноразмерного и разноизносостойкого щебня, обеспечивающего разную скорость истирания.

8 Характеристики материалов

8.1 Характеристики материалов выбираются в зависимости от технологий, используемых для устройства макрошероховатых дорожных покрытий, и регламентируются положениями соответствующих технических документов.

8.2 Характеристики щебня.

8.2.1 Характеристики щебня, используемого для макрошероховатых дорожных покрытий, рекомендуется выбирать согласно ГОСТ 8267 и ГОСТ 32703.

8.2.2 Массовая доля в щебне слабых и выветренных зерен должна быть не более 10 %, а зерен пластинчатой формы – не более 15 %.

8.2.3 Массовая доля в щебне пылевато-глинистых частиц, определяемых отмучиванием, не должна превышать 1,0 %; содержание глины в виде комков и посторонних засоряющих примесей не допускается.

8.2.4 Щебень из гравия, ввиду наличия в его составе зерен различных пород и зернистости, характеризующихся различной износостойкостью, считается наиболее желательным минеральным материалом к применению для устройства шероховатых слоев. Рекомендуется использовать щебень из гравия с массовой долей зерен кремнистых пород не более 25 % согласно ГОСТ 31424, ГОСТ 3344, ГОСТ 8267 и ГОСТ 8269.0.

8.2.5 Адгезионная активность щебня к вяжущему оценивается сцеплением вяжущего с поверхностью щебня по ГОСТ 12801. Предварительная оценка адгезии вяжущего и каменного материала в лабораторных условиях производится с помощью прибора Виалита.

Оптимальный вариант модификации битума предоставляется лабораторией. Тест на определение содержания остаточного вяжущего в смеси производят по ГОСТ 12801.

8.2.6 Отдельные зерна щебня должны по возможности иметь кубовидную форму, быть трудношлифуемыми и чистыми (без пленки пыли или грязи). С позиции обеспечения макрошероховатости дорожного покрытия наиболее

активны щебенки пирамидальной, затем кубовидной и многогранной формы. Наименее активны овальные и выпуклые формы. Варьируя процентным содержанием в смеси фракций и формы щебня можно получить наиболее плотные и макрошероховатые смеси.

Получить фракции соответствующей формы и диапазона можно путем рассева на ситах с соответствующей формой отверстий. Улучшение сцепных свойств может быть достигнуто смешением фракций щебня исходного и входящего в него диапазонов в заданной пропорции.

8.2.7 Яркость достигается использованием щебня светлого цвета (белого, светло-серого, серого) по массе не менее 30 % от общего количества.

8.3 Характеристики битумов, рекомендуемые для макрошероховатых дорожных покрытий, приведены в ГОСТ 11955 и ГОСТ 22245. Методы испытания отражены в ГОСТ 11508.

8.4 Оптимальный вариант модификации битума предоставляется лабораторией.

8.5 Регулированием расхода и свойствами битумов обеспечивают проектные прочностные, деформационные и эксплуатационные качества макрошероховатых дорожных покрытий в течение срока службы при воздействии расчетных нагрузок в условиях регионального температурно-влажностного режима.

8.6 Песок для приготовления асфальтобетона и других битумоминеральных смесей применяется согласно ГОСТ 8736 и ГОСТ 8735. Рекомендуется использовать дробленый песок из прочных известняков. Содержание пылеватых и глинистых частиц в песке не должно превышать 1,0 % по массе. Песок целесообразно активировать.

8.7 Минеральные порошки применяют для изготовления асфальтобетонных смесей. Минеральный порошок представляет собой продукт тонкого измельчения, известняков, доломитов, доломитизированных известняков и других карбонатных горных пород, отвечающих требованиям ГОСТ 16557, а также тонкого измельчения некарбонатных пород и пылевидных отходов

промышленности, отвечающих специальным техническим условиям. Предпочтительны активированные порошки. Минеральный порошок применяется сухим и рыхлым. Активированный минеральный порошок должен быть однородным по цвету.

9 Рекомендации по выбору технологии устройства макрошероховатых дорожных покрытий

9.1 Параметры макрошероховатости могут быть выбраны с учетом взаимосвязи с транспортно-эксплуатационными характеристиками (при неблагоприятном состоянии покрытия) согласно таблице 6.

9.2 Исходя из необходимой толщины устраиваемого слоя макрошероховатого дорожного покрытия, наличия технологических машин и соответствующей производственной базы, подбирается технология устройства макрошероховатых дорожных покрытий.

9.3 В зависимости от типа покрытия, макрошероховатости, заданной величины износа дорожного покрытия, а также с учетом условий удаления воды из зоны контакта шин с покрытием, определяется необходимая толщина макрошероховатого дорожного покрытия.

9.4 Возможно устройство двух видов макрошероховатых дорожных покрытий, отличающихся по назначению:

- слоев износа, для обеспечения сцепных качеств и требуемой степени их стабильности в период межремонтного срока службы – эти слои имеют минимально допускаемую плотность;
- защитных слоев, обладающих высокой плотностью и водостойкостью, для предотвращения попадания в обрабатываемые покрытия избыточной влаги (т.е. для обеспечения требуемой степени водонепроницаемости) – эти слои имеют существенно меньший срок службы сцепных свойств, чем слои износа.

Слои износа применяют на плотных покрытиях для обеспечения максимальных сцепных качеств поверхности и срока их службы, защитные слои – на пористых покрытиях для обеспечения водонепроницаемости.

9.5 Главным критерием выбора макрошероховатого дорожного покрытия по назначению является следующее: свойства слоя должны ликвидировать или снизить недостатки обрабатываемого покрытия и возобновить, сохранить или улучшить сцепные качества поверхности, обеспечивая требуемую степень их стабильности на период межремонтного срока службы; если дефекты покрытия (степень разрушения) или имеющиеся материалы и оборудование не позволяют обеспечить требуемый срок службы, то его следует снизить, не допуская эксплуатации в некачественном состоянии.

9.6 После выбора слоя по назначению (первый этап) производят выбор материалов и способов производства работ, согласовывая их между собой.

9.7 При выборе материалов, прежде всего, отдают предпочтение каменным материалам. Рекомендуется руководствоваться таблицей 10 ГОСТ 9128 и корректировать выбор под конкретные слои, ориентируясь на выбранный вид слоя. Битум выбирают с учетом категории автомобильной дороги и дорожно-климатической зоны, руководствуясь приложением А ГОСТ 9128. Рекомендуется использовать адгезионные добавки.

9.8 При выборе способа производства работ рекомендуется учитывать способ и температурный режим устройства макрошероховатых дорожных покрытий. Различают два принципиально различных способа устройства слоев: способ поверхностной обработки; способ устройства слоев из смесей.

9.9 Различают три температурных режима устройства слоев: горячий, теплый и холодный. Холодный способ может быть с использованием жидких битумом и вязких в виде эмульсий.

6.10 При выборе способа устройства слоя следует учитывать тип слоя по способу нанесения смеси, который зависит от текстуры поверхности обрабатываемых покрытий. На покрытиях с текстурно закрытой поверхностью

устраивают замыкающие (конечные, самые верхние) слои, укладываемые на обрабатываемое покрытие.

9.11 На покрытиях с текстурно открытыми поверхностями, с шелушением и сквозными порами (чернощебеночные покрытия) оптимально устраивать, соответственно, заполняющие или закупорочные слои, укладывая холодную водную литую эмульсионно-минеральную смесь (ЛЭМС) в открытые поры и выравнивая слой вровень с обрабатываемой поверхностью покрытия. Этот прием позволяет сохранить исходные сцепные качества обрабатываемой поверхности покрытия, предавая ему достаточную водонепроницаемость, т.к. после испарения воды и уплотнения слой уменьшается в объеме и открывает поверхность, обеспечивая ее сцепные качества.

9.12 Указанными способами (поверхностной обработкой и устройством слоев из смесей) при трех температурных режимах (горячем, теплом и холодном) можно устроить три вида нерасчетных слоев при ремонте нежестких покрытий: слоев износа и защитных (таблица 16).

9.13 К физическим свойствам слоев относится остаточная пористость и входящая в нее открытая текстурная пористость, определяемая водопоглощением, открытая структурная пористость, определяемая водонасыщением и закрытая пористость, определяемая разницей между остаточной и открытой пористостью. К свойствам этих слоев относится прочность и водоустойчивость по прочности на растяжение при расколе. Это позволяет макрошероховатым дорожным покрытиям сохранять сплошность под действием транспортных нагрузок и климатических воздействий.

9.14 Для шероховатых поверхностных обработок прочность обеспечивается за счет свойств вяжущего и зацепления щебня [5, 6]. Наибольшего срока службы поверхностных обработок удается добиться при применении резинобитумных и полимербитумных вяжущих, обладающих, в отличие от исходных вяжущих, повышенной деформативностью и теплоустойчивостью [13].

Таблица 16 - Варианты устройства макрошероховатых дорожных покрытий

№ варианта	Способ устройства	Температурный режим	Вид нерасчетного слоя	Конкретный способ
1	Поверхностная обработка	Горячий	Слой износа	С горячим вязким битумом, с горячим черным щебнем
2	Поверхностная обработка	Горячий	Защитный слой	С горячим разжиженным битумом, горячим мелким черным щебнем и дробленым песком
3	Поверхностная обработка	Холодный	Слой износа	С катионной эмульсией, холодным черным щебнем
4	Поверхностная обработка	Холодный	Защитный слой	С эмульсией, холодным мелким черным щебнем и дробленым песком
5	Устройство слоя из смеси	Горячий, теплый	Слой износа	Из горячей БМО смеси с пневмоуплотнением; из асфальтобетонной смеси типа А
6	Устройство слоя из смеси	Горячий, теплый	Защитный слой	Из горячей щебнемастичной асфальтобетонной смеси; из БМО смеси пластичной консистенции с пневмоуплотнением, литой сероасфальтобетон
7	Устройство слоя из смеси	Холодный	Слой износа	Из катионной щебеночной ЛЭМС методом «Сларри Сил»; из холодной асфальтобетонной смеси типа Бх
8	Устройство слоя из смеси	Холодный	Защитный слой	Из катионной песчаной ЛЭМС методом «Сларри Сил»; из холодной смеси типа Гх

9.15 Эти вяжущие целесообразно использовать для устройства тонких слоев износа и защитных слоев на цементобетонных покрытиях, где необходимо устраивать двойные или тройные поверхностные обработки (одиночные не приживаются). Эти покрытия требуют двойной подгрунтовки, причем первую предварительную устраивают за шесть часов до второй.

9.16 Основное условие успешной работы нерасчетных слоев в составе дорожной одежды – надежное их сцепление с обрабатываемым покрытием. Хорошо сцепленные с обрабатываемыми покрытиями, эти слои работают с ними как одно целое, обеспечивая трещино- и сдвигоустойчивость дорожной одежды в ее верхней зоне.

9.17 Оптимальную трещино- и свигоустойчивость имеют: слои износа по способу двойной поверхностной обработки – за счет щебеночного каркаса; защитные слои из щебнемастичных асфальтобетонных смесей; макрошероховатые слои из битумоминеральных открытых смесей; слои из асфальтобетонной смеси типа А при содержании щебня более 50 % по объему, уплотненные пневмокатками. При необходимости выполнения срочного ремонта прибегают к методу «Сларри Сил» [8], устраивая тонкие слои толщиной 8 или 15 мм с использованием катионных щебеночных или песчаных ЛЭМС [2]. Сцепные качества таких слоев не превышают сцепных качеств слоев из мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа А и песчаной типа Г по ГОСТ 9128, уплотненных пневмокатками [3]. Срок службы слоев – один-три года.

9.18 При фактической интенсивности движения свыше 6000 транспортных средств в сутки целесообразно:

- устройство шероховатых поверхностных слоев слоя из щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА с применением фиброволокна [14]);

- устройство поверхностной обработки при совмещенном (синхронном) распределении вяжущего и щебня с использованием в качестве вяжущего модифицированного полимерами (типа СБС) и фиброволокном битума, вспененного битума или битумной эмульсии с применением фиброволокна и щебня, прошедшего очистку в моечной установке и обработанного вяжущим, фракций 15-20 (20-25) мм [4].

9.19 При фактической интенсивности движения свыше 1000 до 6000 транспортных средств в сутки целесообразно:

- устройство поверхностной обработки покрытия при совмещенном (синхронном) распределении вяжущего и щебня с применением битума, вспененного битума или битумной эмульсии с фиброволокна (без модифицирования полимерами), рекомендуется предварительная обработка щебня вяжущим;
- устройство шероховатого тонкослойного покрытия (ШТП) из литых асфальтобетонных смесей;
- устройство поверхностной обработки с применением литых эмульсионно-минеральных смесей (требуется обеспечение ровности покрытия);
- устройство поверхностной обработки покрытия при раздельном распределении битума и щебня, обработанного вяжущим (без использования битумных эмульсий или вспенивания битума);
- повышение шероховатости путем втапливания щебня, предварительно обработанного вяжущим, в свежеуложенный слой покрытия.

Применение битумной эмульсии позволяет удлинить строительный сезон и уменьшить энергозатраты. Это приводит к удорожанию технологии. Решение о применении рекомендуется подтверждать технико-экономическим обоснованием и лабораторными исследованиями.

9.20 Исходя из фактического состояния нижележащего обрабатываемого слоя выбирается способ распределения материала:

- распределение и разравнивание (разглаживание) материала по поверхности, при котором материал заполняет и выравнивает неровности нижележащего слоя, образуя неравномерный по толщине слой с ровной верхней поверхностью;
- поливка и посыпка поверхности, при которой материал распределяется на предварительно обработанную (пролитую) вяжущим поверхность одинаковой толщиной равномерно по всей площади, образуя слой, копирующий неровности нижележащего слоя.

9.21 При устройстве шероховатых поверхностных обработок создается защитный слой с целью обеспечить сохранность и срок службы дорожного полотна. При этом добиваются высокого качества шероховатой поверхностной обработки, формируя плотное прилегание щебенок друг к другу с использованием регламентированных технологических операций.

9.22 Рекомендуется дополнительно обеспечивать коэффициент сцепления с колесом транспортного средства по диапазону фракции щебня или статистическому распределению (разбросу) размеров зерен в диапазоне фракции щебня, а также за счет использования разнопрочных материалов.

9.23 С учетом интенсивности движения на новых и эксплуатирующихся шероховатых дорожных покрытий рекомендуется применять щебень фракции 5–10 мм или 10–15 мм, на среднешероховатых – фракции 15–20 мм, на сильношероховатых – фракции 20–25 мм.

9.24 Используя величины параметров макрошероховатости дорожных покрытий возможно устанавливать транспортно-эксплуатационные показатели дороги, динамику их изменения в процессе эксплуатации покрытия в зависимости от его типа, вида используемого материала, технологии устройства и эксплуатации, погодно-климатических факторов, интенсивности и состава движения. Анализируя динамику изменения геометрических параметров макрошероховатости в процессе эксплуатации дорожного покрытия, можно устанавливать характеристики износа и долговечности и межремонтные сроки.

9.25 Зная толщину слоя макрошероховатого дорожного покрытия, уровень макрошероховатости, максимальный диаметр структурообразующих элементов рассматривают возможные варианты технологического метода устройства и вид конструктивного материала, приведенные в таблице 11.

9.26 По выбранному виду технологии устройства и виду конструкционного материала осуществляется оптимизационное проектирование состава материала.

9.27 Осуществляется логико-экономический анализ различных вариантов технологий и соответствующих им видов материалов по схеме, приведенной на рисунке 2.

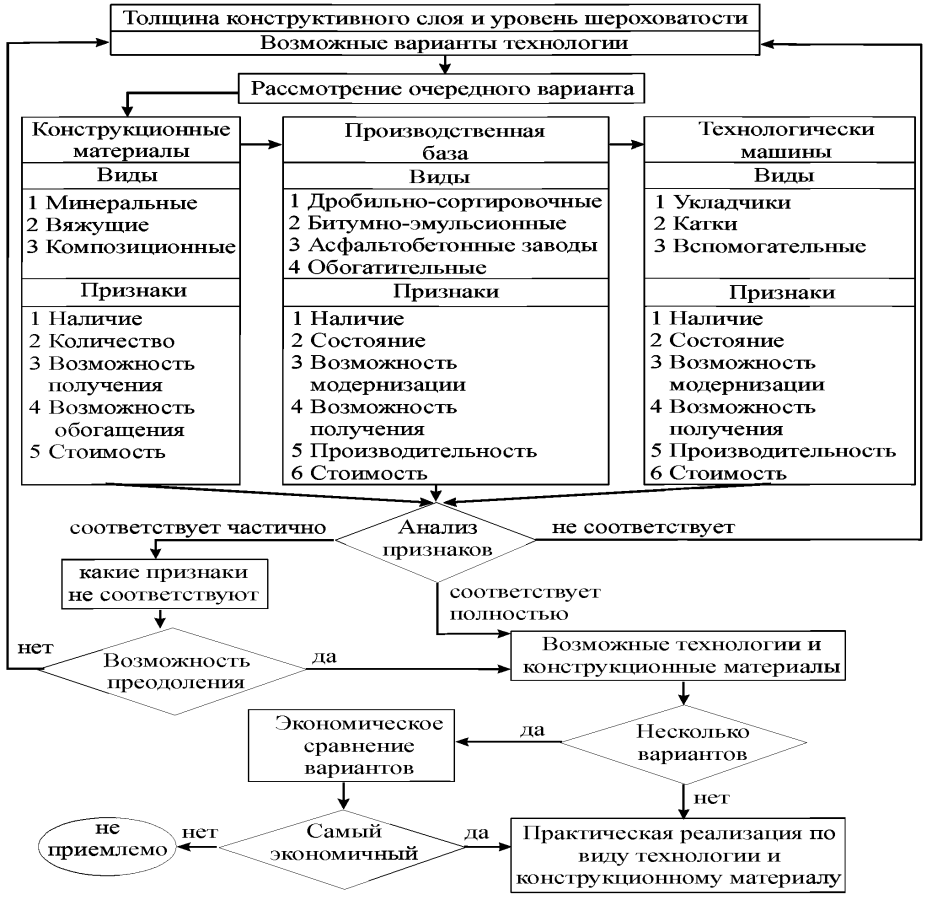


Рисунок 2 - Схема логико-экономического анализа альтернативных вариантов

9.28 Под оптимизационным проектированием понимается алгоритм анализа закономерностей изменения качественных характеристик конструктивного слоя, в зависимости от состава материала и способов его получения и укладки, результатом которого является получение

максимального положительного (или минимально допустимого) эффекта при минимуме затрат на реализацию этого качества.

9.29 Получение закономерностей изменения качественных характеристик конструктивного слоя возможно только на основе лабораторного исследования свойств материалов и соответствующих этим свойствам качественных характеристик конструктивного слоя.

10 Основные технологии устройства макрошероховатых дорожных покрытий

10.1 На основные виды технологии устройства макрошероховатых дорожных покрытий имеются ранее разработанные документы, содержащие сведения о качестве и расходе материалов, организации работ, технологических параметрах приготовления и укладки материалов, контроле качества работ. Сведения о наиболее широко используемых технологиях приведены ниже.

10.2 Устройство макрошероховатых дорожных покрытий из асфальтобетонных смесей.

10.2.1 Для устройства покрытий применяют асфальтобетонные смеси, указанные в таблице 17.

Таблица 17 - Температура асфальтобетонных смесей при их укладке

Вид смеси	Марка битума	Температура смеси, °С, не ниже	
		без ПАВ	с ПАВ
Горячие	БНД 90/130, БНД 60/90, БНД 40/60	120	100
Горячие	БНД 200/300, БНД 130/200	80	80

10.2.2. На подготовительном этапе осуществляется очистка нижележащего покрытия от пыли и грязи, ямочный ремонт, заделка трещин и т.п. Покрытие устраивают на сухом, чистом и непромерзшем покрытии (или основании). Повышение адгезионной активности обрабатываемого покрытия рекомендуется осуществлять с учетом кислотности покрытия.

За 3-5 час. до начала укладки смеси поверхность покрытия (или основания) обрабатывают битумной эмульсией, вязким разжиженным битумом или жидким битумом. Норма расхода материалов: разжиженного или жидкого битума по основанию от 0,5 до 0,8 и по покрытию от 0,2 до 0,3 л/м^2; 60 %-ной битумной эмульсии по основанию от 0,6 до 0,9 и по покрытию – от 0,3 до 0,4 л/м^2. Обработку вяжущими материалами исключают, если шероховатый слой устраивают на свежеуложенном слое покрытия. Температура вяжущего при распределении: для вязких битумов от 130°С до 150°С; для жидких битумов от 80°С до 100°С; для битумных эмульсий от 15°С и до 90°С.

10.2.3 Температура асфальтобетонных смесей при их укладке должна быть не ниже указанной в таблице 17. Температуру смеси необходимо проверять в каждой прибывающей машине. При транспортировании асфальтобетонной смеси снижается ее температура (примерно 1°С на 1 км пути или 10°С за каждый час в пути). Поэтому время транспортировки ограничивают 1,5 часа или 50 км пути. При транспортировании асфальтобетонную смесь укрывают пологом для сохранения температуры.

10.2.4 Укладка асфальтобетона осуществляется укладчиком желательно на всю ширину покрытия. Основными условиями являются отсутствие атмосферных осадков и увлажнения поверхности, работы производятся при температуре воздуха весной не ниже 5°С, осенью не ниже 10°С.

Для лучшего проявления макрошероховатости рекомендуется применять обрезиненные вальцы (слой резины толщиной не менее 10 мм), способствующие вдавливанию заполнителя асфальтобетона в межзерновое пространство и выпиранию структурообразующих элементов. Оптимальные параметры технологического режима укладки и уплотнения асфальтобетона определяются в процессе пробных укладок и укаток.

10.3 Щебеночно-мастичный асфальтобетон применяется согласно ГОСТ 31015 и [7], Для приготовления щебеночно-мастичных смесей используется стабилизирующая добавка – однородное целлюлозное волокно, с

коротковолокнистой структурой (длина фибр определяется под лупой или микроскопом); содержание фибры от 1,2 до 1,9 мм составляет не менее 80 % от массы волокна, содержание фибры от 0,5 до 0,9 мм составляет не более 20 %.

10.4 Устройство макрошероховатых дорожных покрытий методом втапливания.

Метод заключается в распределении одномерного прочного черного (черненного) щебня по свежеуложенному асфальтобетонному слою в горячем состоянии. Толщина асфальтобетонного слоя покрытия – не менее 3 см. Втапливание щебня целесообразно осуществлять в малощебенистые смеси типов В и Д. Для втапливания рекомендуется использовать щебень изверженных горных пород марки по прочности не менее 1200, а по износу не ниже И-I, фракций 5-10 мм, 10-15 мм или 15-20 мм. Обработка щебня вяжущим осуществляется в асфальтобетонном смесителе при температурах от 140°С до 170°С при использовании битумов БНД 60/90 и БНД 90/130; при температурах от 110°С до 160°С при использовании битумов Д-6, СГ 130/200, МГ 130/200; при температурах от 80°С до 120°С при использовании битумов Д-5, СГ 70/130, МГ 70/130. Массовая доля вяжущего составляет от 1,0 до 1,3 % от массы щебня. Лучшие результаты получаются, когда вяжущее полностью обволакивает щебень и не стекает с него. Целесообразно осуществлять обработку щебня вспененным битумом. Для повышения сцепления вяжущего со щебнем используются поверхностно-активные вещества.

Лучшие результаты по качеству макрошероховатого слоя достигаются при втапливании горячего черненного щебня в горячий асфальтобетон. Такая технология возможна при наличии двух смесителей для синхронного приготовления черного щебня и асфальтобетона. Возможно втапливание холодного черного щебня в горячий асфальтобетон, при этом щебень должен обрабатываться вяжущим заблаговременно (например, в зимний период).

Технология втапливания черненного щебня в асфальтобетон имеет несколько альтернативных вариантов:

10.4.1 Укладывается слой малощебенистого или песчаного асфальтобетона типа В или Г с помощью асфальтоукладчиков с включенным трамбующим брусом, но с выключенной виброплитой. Затем по поверхности недоуплотненного асфальтобетона производится россыпь черного щебня с помощью щебнераспределителя в количестве: щебень фракции 5-10 мм – (от 0,9 до 1,1) $м^3$/100 $м^2$; щебень фракции 10-15 мм – (от 1,1 до 1,2) $м^3$/100 $м^2$; щебень фракции 15-20 мм – (от 1,2 до 1,4) $м^3$/100 $м^2$.

Производится вдавливание щебня в асфальтобетон, вначале пневмокатками массой 16 т (от шести до десяти проходов по одному следу) или гладковальцовыми катками с обрезиненными вальцами массой от 10 до 13 т (от восьми до десяти проходов по одному следу), или виброкатками массой от 6 до 8 т (от пяти до семи проходов по одному следу). Окончательное уплотнение осуществляется гладковальцовыми катками с обрезиненными вальцами массой от 11 до 18 т (от шести до восьми проходов по одному следу).

10.4.2 Слой асфальтобетона, уложенный асфальтоукладчиком с включенным трамбующим брусом, прикатывается гладковальцовыми катками массой от 6 до 8 т (от двух до трех проходов по одному следу). Затем проходом асфальтоукладчика по прикатанному асфальтобетону распределяется черный щебень слоем от 1,5 до 2,0 см. Производится уплотнение щебня и асфальтобетона.

10.4.3 В случае применения на мостовых сооружениях с высокой интенсивностью движения литых асфальтобетонных смесей типа I, II втапливание щебня производится в горячую распределенную литую смесь.

Состав литого асфальтобетона определяется в лаборатории [9]. Примерный состав литого асфальтобетона следующий: минеральный порошок – 26 %, песок – 12 %, щебень фракции 0-5 мм – 16 %, щебень фракции 5-20 (15) мм – 46 %, полимербитум ПБВ 40-60 – 8,7 %. Для приготовления полимербитума ПБВ 40-60 используются нефтяные вязкие битумы марок БНД 60/90, БНД 90/130, полимерная добавка СБС (стирол-бутадиен-стирол).

Соотношение по весу в процентах примерно следующее: битум марок БНД 60/90 (БНД 90/130) – от 90 до 91,5 %; полимер СБС – от 8,5 до 10 %.

Полимербитум приготавливается в котле с термоизолирующей оболочкой, оснащенном смесителем, термостатом и термометром. Время приготовления составляет до четырех час. при температуре нагрева битума не выше 195°С.

Литая асфальтобетонная смесь изготавливается на асфальтобетонном заводе при температуре не ниже 185°С. Затем компоненты смеси выгружаются в котлы-кохеры, при транспортировании в которых осуществляется окончательное приготовление литого асфальтобетона с принудительным перемешиванием при температуре 195°С в течение двух часов.

Литой асфальтобетон укладывается на сухой слой покрытия из асфальтобетона типа А. Смесь из котлов через запорный люк выдается порциями на проезжую часть в зону захвата распределителя литого асфальта, который, продвигаясь вперед, разравнивает резиновыми термолопатками слои литого асфальтобетона, а выравнивающей рейкой обеспечивается заданная толщина слоя. За распределителем литого асфальтобетона следует с распределитель черненного щебня фракции 5-15 мм, который равномерно распределяет щебень по уложенной поверхности литого асфальтобетона (в местах, где щебень уложен неравномерно, слой щебня выравнивается разбрасыванием щебня совковой лопатой). Через 10 мин по слою щебня проходит каток весом от 1,5 до 3,0 т для вдавливания черненного щебня в литой асфальтобетон (колеса катка во время движения по щебню орошаются водой). Для обеспечения адгезии рекомендуется использовать щебень из габбродиабаза. Требуемые фрикционные характеристики уложенного слоя придают путем распределения и укатки фракционированного щебня с учетом [6].

10.5 Конструкции дорожной одежды мостового полотна, рекомендуемые к применению на металлической ортотропной плите, представлены на рисунке 3.

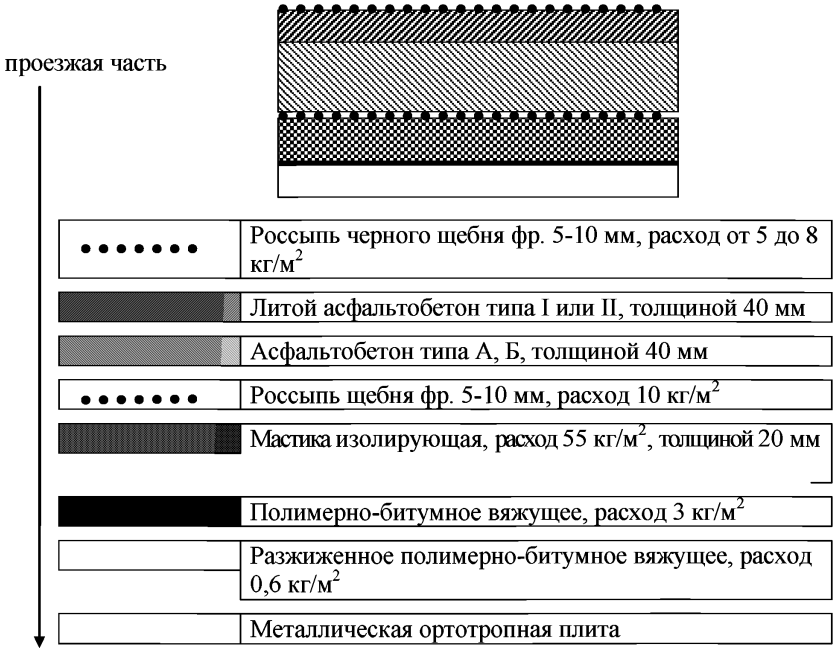


Рисунок 3 - Конструкции дорожной одежды мостового полотна, рекомендуемые к применению на металлической ортотропной плите

10.6 Устройство поверхностных обработок.

10.6.1 Наиболее распространенным методом устройства макрошероховатых дорожных покрытий являются поверхностные обработки (однослойные и двухслойные). Эта технология сводится к поливке обрабатываемой поверхности вяжущим с последующим распределением и укаткой щебня одномерной фракции тонким слоем (практически в одну щебенку). Применяемые технологии условно делятся в зависимости от:

- состояния обрабатываемого слоя (холодное, предварительно подогретое, обработанное или необработанное активирующими добавками, выровненное или невыровненное);

- вида, марки и способа применяемого вяжущего (битумы вязкие или жидкие, битумные эмульсии, поверхностно-активные вещества или активаторы, битумные мастики, битумные пасты, битумные шламы);

- вида, гранулометрических размеров, температуры использования, способа предварительной активации поверхности используемого щебня;

- типов применяемых технологических машин (способов распределения вяжущего и щебня, технологии уплотнения);

- способов и режимов ухода за готовым конструктивным слоем.

10.6.1 На асфальтобетонных и других черных покрытиях следует устраивать, как правило, одиночную поверхностную обработку. При устройстве поверхностных обработок предлагается использовать [6].

10.6.2 Определение оптимальных сочетаний вариантов, способов и методов ведения работ в зависимости от конкретных местных условий рекомендуется осуществлять на основе настоящего ОДМ, лабораторных исследований и пробных производственных проверок.

10.6.3 Работы по устройству поверхностной обработки следует производить по чистой незапыленной поверхности, сухой при применении битума и увлажненной (0,5 л/м^2) при применении битумных эмульсий. Температура воздуха при использовании в качестве вяжущего битума должна быть не ниже 15°С, а при использовании битумной эмульсии – не ниже 5°С [10, 11]. В отдельных случаях при невозможности обеспечить требуемую чистоту покрытия рекомендуется его подгрунтовывать путем розлива жидкого битума по норме от 0,3 до 0,5 л/м^2.

10.6.4 Решение по предварительной обработке щебня вяжущим в установке (чернение) принимается по результатам лабораторных исследований сцепления щебня с вяжущим по ГОСТ 12801. Для чернения рекомендуется применять битумы марок БНД 60/90, БНД 90/130, БНД 130/200, МГ 130/200, МГ 70/130.

10.6.5 Основной розлив вяжущего осуществляют на половине проезжей части в одни прием без пропусков и разрывов. При возможности обеспечения

объезда розлив вяжущего выполняют по всей ширине проезжей части.

10.6.6 Ориентировочные расходы вяжущих и щебня при их распределении на дороге помещены в таблице 18. При применении необработанного щебня нормы розлива вяжущего повышают на 20 %.

10.6.11 Температура при распределении битума: для вязких битумов марок БНД 60/90, БНД 90/130 в пределах от 150°С до 160°С; для марок БНД 130/200 в пределах от 100°С до 130°С; для полимербитумных вяжущих в пределах от 140°С до 160°С [9].

Температуру и концентрацию эмульсии устанавливают в зависимости от погодных условий следующим образом [12]: при температуре воздуха ниже 20°С эмульсия должна иметь температуру от 40°С до 50°С (при концентрации битума в эмульсии от 55 до 60 %, подогрев эмульсии до такой температуры осуществляется непосредственно автогудронатором); при температуре воздуха выше 20°С эмульсию можно не подогревать (при концентрации битума в эмульсии 50 %).

10.6.12 Щебень необходимо распределять сразу после розлива битума (не допуская его загустевания). Дополнительного нагрева щебня перед распределением не требуется. Распределение щебня производится самоходными или навесными щебнераспределителями, осуществляющими распределение в одну щебенку при плотном расположении по поверхности обрабатываемого покрытия. Не допускаются пропуски и чрезмерное распределение щебня по поверхности. После прохода распределителя щебня окончательное выравнивание и исправление поверхности осуществляется вручную гладилками и скребками.

10.6.13 Сразу после россыпи щебня производится уплотнение гладковальцовыми катками массой от 6 до 8 т (четыре-пять проходов по одному следу). Затем тяжелыми гладковальцовыми катками массой от 10 до 12 т (от двух до четырех проходов по одному следу). Для лучшего проявления шероховатой структуры целесообразно последнюю стадию уплотнения производить гладковальцовыми катками с обрезиненными вальцами.

Таблица 18 - Расход вяжущего и щебня (без учета предварительной обработки)

Вид поверхностной обработки	Фракция щебня, мм	Расход щебня		Расход вяжущего, л/м^2
		кг/м^2	м^3/100 м^2	
Одиночные поверхностные обработки на вязком битуме	5-10	от 11 до 15	от 0,9 до 1,1	от 0,7 до 1,0
	10-15	от 15 до 20	от 1,1 до 1,4	от 0,9 до 1,0
	15-20	от 20 до 25	от 1,2 до 1,5	от 1,0 до 1,3
	20-25	от 25 до 30	от 1,4 до 1,6	от 1,1 до 1,4
Одиночная поверхностная обработка на вязком битуме с двукратной россыпью щебня	Первая россыпь 15-25	от 16 до 18	от 1,2 до 1,4	от 1,4 до 1,5
	Вторая россыпь 5-10	от 6 до 8	от 0,6 до 0,8	-
Одиночная поверхностная обработка на 50 % битумной эмульсии (пример концентрации)	5-10	от 12 до 15	от 0,9 до 1,1	от 1,6 до 1,8
	10-15	от 15 до 20	от 1,2 до 1,4	от 1,8 до 2,0
	15-20	от 20 до 25	от 1,3 до 1,5	от 2,0 до 2,4
	20-25	от 25 до 30	от 1,4 до 1,6	от 2,4 до 2,6
Двойная поверхностная обработка на вязком битуме	Первая россыпь 15-25	от 20 до 25	от 1,2 до 1,5	первый розлив от 1,1 до 1,4
	или 20-25	от 25 до 30	от 1,4 до 1,6	
	Вторая россыпь 5-10	от 15 до 20	от 1,2 до 1,3	второй розлив 0,6 до 0,8
	или 10-15	От 15 До 20	от 1,2 до 1,4	

10.6.14 При использовании битумных эмульсий работы ведутся в следующем порядке:

- смачивание обрабатываемого покрытия водой (возможно с активирующими добавками) в количестве от 0,4 до 0,5 л/м^2;

- розлив эмульсии по покрытию в количестве 30 % от расхода, указанного в таблице 8;

- распределение 70 % щебня от расхода, указанного в таблице 16 (разрыв не более 20 м с интервалом во времени не более 5 мин от момента розлива эмульсии);

- розлив оставшейся эмульсии;

- распределение оставшегося щебня;

- укатка катками массой от 6 до 8 т по четыре прохода по одному следу (начало укатки должно совпадать с началом распада эмульсии);

- уход за устроенной поверхностью.

10.6.15 Уход за поверхностной обработкой осуществляется в течение первых четырех суток после устройства и заключается в регулировании движения (последовательные проходы автотранспорта по определенным продольным полосам со скоростью не более 40 км/час) и систематическом наметании неприжившегося щебня механическими щетками с кромки на покрытие. По истечении срока ухода неприжившийся щебень удаляется.

10.6.16 В случае использования анионактивной эмульсии движение следует открывать не ранее чем через одни сутки после устройства поверхностной обработки.

10.6.17 При назначении расходов материалов для устройства шероховатого слоя методом поверхностных обработок рекомендуется также использовать Индивидуальные элементные сметные нормы и расценки на работы по ремонту автомобильных дорог с использованием новой техники и технологий [14].

10.7 Устройство поверхностных обработок с использованием литых эмульсионно-минеральных смесей (ЛЭМС, «Сларри Сил», микросурфасинг и

др.) [10-12]. Материалы для устройства ЛЭМС выбираются с учетом ГОСТ Р 52128, [10]); для устройства защитного слоя износа из ЛЭМС типа «Сларри Сил» – [12].

10.7.1 Устройство шероховатых тонкослойных покрытий может производиться с применением автомашины для перевозки литого асфальтобетона с прикаткой ручным катком и выбором характеристик материалов. Шероховатое тонкослойное покрытие выполняется толщиной от 15 до 25 мм, в зависимости от применяемой фракции используемого щебня 5-10, 10-15, 10-20 мм. Расход смеси от 36 до 60 кг/м^2. Работы проводятся как на свежеуложенном, так и на старом покрытии (основании). Укладка литой асфальтобетонной смеси устраивается при температуре весной не ниже 5°С и осенью 10°С по подготовленному сухому, чистому и подготовленному покрытию. Укладка смеси в дождливую погоду не допускается. Минимальная температура смеси для ШТП перед выгрузкой должна быть не ниже 190°С. Формирование смеси происходит за три часа. Процесс укладки непрерывный с технологическими перерывами.

10.7.2 Для технологии устройства слоев износа могут быть использованы [15].

10.8 Рекомендуются к применению дорожные антигололедные эпоксидные покрытия (типа SafeLane™) с максимальной шероховатостью (двухслойное) с минимальной толщиной 10 мм и (однослойное) с минимальной толщиной 5 мм и конструкции на их основе.

10.8.1 Система двух основных компонентов – полимерного (эпоксидного) состава и специального заполнителя в зимний период выполняет функцию удержания противогололедных материалов на поверхности покрытия, препятствуя образованию опасных проявлений зимней скользкости.

Применение данной технологии позволяет существенно снизить аварийность на участках концентрации ДТП, где образование гололеда происходит существенно быстрее по сравнению с другими участками и увеличить пропускную способность автомобильных дорог.

10.8.2 Зерновой состав, способ распределения щебня без его прикатки должен обеспечивают максимальную разновысотность активных выступов макрошероховатости и максимальную разноглубинность впадин. При распределении противогололедных материалов обеспечивается разновременность образования пятен гололеда на активных выступах шероховатости. При этом последние удаляются колесами транспортных средств. Это определяет максимальную площадь и длину линии профиля шероховатой поверхности, что позволяет обеспечить максимальный контакт между дорожным покрытием и растворенным противогололедным материалом.

10.8.3 Как дополнительный системный эффект покрытие имеет и антигололедные свойства – возможность удерживать за счет слабой смываемости противогололедный материал на дорожном покрытии до очередного возникновения зимней скользкости.

10.8.4 Обычное значение коэффициента сцепления для эпоксидного покрытия после его устройства 0,58-0,6 (сравнительно с 0,4 по нормативам).

10.8.5 Покрытие ориентировано на типовые виды противогололедных материалов типа хлорида натрия, хлорида кальция, хлорида магния, ацетата калия-магния, ацетата кальция и другие подобные материалы.

10.9 Битумоминеральные открытые смеси для несущих слоев покрытий являются крупнозернистыми асфальтобетонными смесями, обладающими разреженной макрошероховатой структурой.

10.9.1 Макрошероховатый слой можно получить из многощебенистых (от 55 до 85 % щебня по массе) смесей, типа БМО, путем применения специальных технологических приемов при распределении и уплотнении смеси. Формируется щебеночный каркас и пористость путем последовательного (при ступенчатом увеличении нагрузки) уплотнения распределенной асфальтоукладчиком многощебенистой смеси через прослойку из деформируемого материала пневмокатками.

10.9.2 Режим уплотнения позволяет перевести часть пустот во впадины шероховатости на поверхности слоя и сформировать в его верхней части макрошероховатый поверхностный слой толщиной, равной максимальному размеру щебня смеси или самостоятельный тонкий слой износа. Высота выступов в таком слое открыта на оптимальную величину, а объем впадин между ними, характеризуемый средней приведенной высотой впадины, обеспечивает дренирование воды с поверхности покрытий.

10.9.3 Состав заполняющей щебень части смеси и специальные технологические приемы при уплотнении пневмокатками позволяют уплотнить ее внутри пустот щебенчатого каркаса так, что объем опасных для долговечности средних и мелких пор не будет превышать объем этих пор в асфальтобетоне из смеси типа А по ГОСТ 9128. Часть пор внутри пустот щебеночного каркаса при уплотнении находящийся в ней заполняющей части смеси уменьшается в объеме, освобождается и образует открытые крупные текстурные поры. Эти поры формируют в слое в процессе уплотнения, определяют их по водонасыщению.

10.10 Полиуретановые дорожные покрытия

10.10.1 Полиуретановые дорожные покрытия позволяют обеспечить гидроизоляцию дорожной одежды от проникновения воды и противогололедных материалов, требуемый коэффициент сцепления, выполняет роль слоя износа. Предназначены для применения на автомобильных дорогах, мостовых сооружениях и тоннелях, в частности, на опасных перекрестках, местах концентрации ДТП, подъездах к шлагбаумам и пешеходным переходам, на открытых паркингах, тротуарах и пешеходных переходах, пешеходных мостах, велосипедных дорожках, местах посадки на общественный транспорт, примыканиях к объектам дорожной инфраструктуры. В процессе эксплуатации покрытие препятствует продавливанию и смещению зерен щебня при резком торможении транспортных средств. Покрытия устраиваются из щебня фракции 3-8 (технология предлагается для опытного применения).

10.10.2 По технологии полиуретановых дорожных покрытий устраиваются краевые шумовые поверхностные обработки. Краевые шумовые поверхностные обработки рекомендуется устраивать из щебня фракции 5-20 (технология предлагается для опытного применения).

10.10.3 После нанесения материала обеспечивается высокая степень сопротивления маслам, бензину, противогололедным материалам и другим агрессивным воздействиям. Покрытие устраивается при температуре от 5 до 35°С при минимальном расходе материала 1 кг/м^2. Обеспеченные свойства материала покрытия (через 7 дней при 23°С): прочность при растяжении – не менее прочности щебня на разрыв (когезионный характер отрыва); удлинение при разрыве – не менее 10%.

10.10.4 Требования к материалам

10.10.4.1 Требования к щебню. Характеристики щебня, используемого для полиуретановых дорожных покрытий, рекомендуется выбирать согласно ГОСТ 32703. Следует обращать внимание на адгезионную активность щебня к вяжущему, на форму и микрошероховатость зерен, а также на цвет структурообразующего щебня, определяющего внешний вид покрытия. Массовая доля в щебне слабых и выветренных зерен должна быть не более 10 %, а зерен пластинчатой формы - не более 15 %. Массовая доля в щебне пылевато-глинистых частиц, определяемых отмучиванием – менее 1,0 %; содержание глины в виде комков и посторонних засоряющих примесей не допускается. Отдельные зерна щебня должны по возможности иметь кубовидную форму, быть трудношлифуемыми и чистыми (без пленки пыли или грязи). С позиции обеспечения макрошероховатости поверхности наиболее активны щебенки пирамидальной, затем кубовидной и многогранной формы. Адгезионная активность щебня к вяжущему оценивается сцеплением вяжущего с поверхностью щебня по ГОСТ 12801. Образцы выполняются из подложки, слоя лакокрасочного материала толщиной, указанной в проекте (задании) на выполнение работ, и распределенного щебня. Рекомендуется производить оценку адгезии вяжущего и каменного материала в лабораторных

условиях с помощью прибора Виалита. Проверка адгезии к подложке и покрывным слоям также проводится методом технологических проб путем механического отрыва вручную (изгибом, кручением, сдвигом) зерен щебня (подложки или покрывного) от слоя вяжущего. Количество отрываемых зерен щебня во время проб – не менее 10. Количество адгезионных отрывов – не более 20 %, когезионных отрывов – не менее 80 %. Испытания на прочность макрошероховатого слоя (вертикальная динамическая нагрузка) проводятся с применением стального штампа Д=100 мм и опускания на образец груза массой 2,5 кг с высоты 300 мм. На образцах со щебнем М1400 (гранит) видимые разрушения должны начинаться не менее чем с 40-го удара. На образцах со щебнем М 800 (щебень из гравия) видимые разрушения начинаются не менее, чем с 22-го удара. Полиуретановый слой в результате испытаний не нарушается.

10.10.4.2 Требования к составу вяжущего материала на основе полиуретана. Вяжущий материал на основе полиуретана может быть однокомпонентным или многокомпонентным. Вяжущее обеспечивает необходимую прочность и устойчивость с учетом внешних климатических и механических воздействий. Ингредиенты: компонент А - полиол, компонент В – изоционат. Соотношение ингридиентов А и Б по массе 100/65.

Время желатизации – от 15 до 45 мин при 24°С (образец 50 мл в бумажном стаканчике). Время полной полимеризации не более суток при минимальной температуре 5°С. Прочность на растяжение на разрыв спустя 7 суток не менее 81 Н/мм^2. Внешний вид: от прозрачного до светло-желтого. Температура воспламенения: не менее 93°С. Агрегатное состояние компонентов: нерастворимая жидкость. Нерастворим. Летучие компоненты отсутствуют. Устойчивость: стабильная. Плотность 1,1 г/см^3. Твердость 75 по шкале твердости Шор D.

10.10.5 Технология устройства полиуретановых дорожных покрытий.

10.10.5.1 Подготовка основания. Основание обеспыливается путем смета щетками комбинированных дорожных машин и/или воздуходувными установками

или приспособлениями. Поверхность основания должна быть сухой. Границы места производства работ по периметру оклеиваются скотч–лентой.

10.10.5.2 Подготовка вяжущего на основе полиуретана. На этапе приготовления вяжущего в компонент А добавляется компонент В в указанном технологией соотношении и перемешивается с помощью электродрели с насадкой в виде венчика. Объем единовременно приготавливаемой смеси должен соответствовать ее расходу на 5 $м^2$. Приготовление большей дозы нецелесообразно из-за возможной потери живучести во время перемешивания.

10.10.5.3 Распределение материалов. При необходимости смешивания компонентов, а также при необходимости их температурного кондиционирования перед смешиванием и/или нанесением поставщик вяжущего на основе полиуретана должен обеспечить совместную поставку соответствующего оборудования. Используются два варианта производства работ: вручную с использованием поливочных средств; с использованием специализированной машины и/или оборудования. Подача вяжущего материала на основе полиуретана в поливочные устройства производится самотеком (садовые лейки, валиком, из ведра и др.) или под давлением (по гидрорукавам к ручным приспособлениям с форсунками и др. для распыления/полива) из емкости с готовым для использования полимерным материалом или емкостей с компонентами вяжущего. Вяжущий материал равномерно разравнивается на поверхности дорожного покрытия ручными приспособлениями с П-образными прорезями снизу. Расход вяжущего материала при этом составляет в диапазоне от 0,3 кг/$м^2$ до 1 кг/$м^2$ в зависимости от назначения покрытия и фракции щебня. Скорость распределения вяжущего материала: при распределении на 1 пог. м дорожного покрытия на всю его ширину – от 2,5 до 3,0 мин.; при использовании специализированной машины ее расчетная рабочая скорость – от 0,8 до 5,0 км/ч. На полимерную основу вручную или с помощью щебнераспределителя высыпается щебень и разравнивается метелками (расход от 7 до 8 кг/$м^2$). Слой

не рекомендуется уплотнять или утрамбовывать. Через 30-40 мин. лишний каменный материал удаляется щетками. Смет щебня используется при устройстве нового участка. Удаляют скотч–ленту. Время живучести материалов от 15 до 30 мин. Движение открывается через 16 часов. По нанесенному щебню можно ходить. При производстве работ по устройству покрытия нет отходов, требующих разработки специфических требований транспортировки и захоронения.

10.10.6 Вдыхание паров вяжущего может вызывать раздражение слизистой оболочки носа и горла. Контакт с кожей может вызывать раздражение и воспаление кожи. Попадание в глаза может вызывать раздражение, повышенную чувствительность. Проглатывание может вызывать раздражение слизистой рта, зубов и повышенную чувствительность.

11 3D–моделирование макрошероховатых дорожных покрытий

11.1 Трехмерное моделирование макрошероховатых дорожных покрытий представляет собой процесс автоматизированного создания трехмерных математических моделей шероховатости поверхности дорожного покрытия по результатам измерения координат точек их поверхностей. Представление 3D-данных – это способ цифрового описания пространственных объектов, тип структуры пространственных данных. Под их графическим форматом понимается способ машинной реализации представления пространственных данных.

11.2 Построение 3D-модели требует определенной структуры данных, а исходные точки на поверхностях могут быть по-разному распределены в пространстве. Сбор данных может осуществляться по точкам регулярной сетки, по структурным линиям рельефа или хаотично. Первичные данные приводят к одному из наиболее распространенных структур для представления поверхностей: GRID, TIN или TGRID.

11.3 Помимо используемых в компьютерных технологиях векторных и растровых форматов хранения и формирования компьютерных изображений распространены регулярно- и нерегулярноячеистые форматы. К менее распространенным или применяемым для представления пространственных объектов определенного типа относятся гиперграфовая модель, модель типа TIN и ее многомерные расширения. Известны гибридные представления пространственных данных.

11.4 STL-формат файла разработан для хранения трехмерных моделей объектов для представления трехмерных моделей произвольных поверхностей. В этом формате используется унифицированный способ приближенного представления (аппроксимации) любых поверхностей системой стыкуемых друг с другом плоских треугольников, треугольных фасет. Поверхность объекта покрывается поверхностной сеткой из треугольных ячеек. Поверхность строится триангуляционным методом, получается TIN-поверхность (Triangulated Irregular Network) – нерегулярная триангуляционная сеть, система неперекрывающихся неравносторонних треугольников, соответствующая триангуляции Делоне в цифровом моделировании.

11.5 Вершинами треугольников являются исходные опорные точки, совпадающие с исходной криволинейной поверхностью. Подобное представление отражает геометрические особенности макрошероховатых дорожных покрытий. Рельеф представляется многогранной поверхностью, каждая грань которой описывается линейной функцией (полиэдральная или многоугольная модель) либо полиноминальной поверхностью, коэффициенты которой определяются по значениям в вершинах граней треугольников. При правильном построении эта сеть не имеет ни разрывов, ни наложений. Для получения модели поверхности соединяют пары точек ребрами определенным способом, называемым триангуляцией Делоне. Информация о поверхности объекта представляет собой список параметров треугольных фасет, которые описывают эту поверхность. Используются правила нумерации треугольников. Треугольники определяются с учетом направления узлов (вершины

треугольников) по часовой стрелке, с учетом подобных узлов в вершинах треугольников. На использовании TIN-поверхностей строятся аппроксимации в большом числе более ранее распространенных приложений.

11.6 Триангуляция Делоне в приложении к двумерному пространству формулируется следующим образом: система взаимосвязанных неперекрывающихся треугольников имеет наименьший периметр, если ни одна из вершин не попадает внутрь ни одной из окружностей, описанных вокруг образованных треугольников (рисунок 4). Образовавшиеся треугольники максимально приближаются к равносторонним, а каждая из сторон образовавшихся треугольников из противолежащей вершины видна под максимальным углом из всех возможных точек соответствующей полуплоскости. Интерполяция выполняется по образованным ребрам. В триангуляционной модели нет преобразований исходных данных.

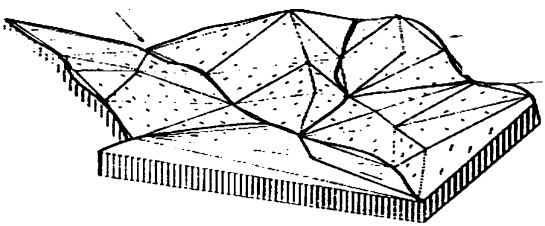


Рисунок 4 – Геометрическое представление процесса 3D-моделирования

11.7 Основное достоинство STL-формата – это универсальность и простота по сравнению с другими форматами. Алгоритм построения горизонтальных сечений и соответствующей вычислительной процедуры в быстром прототипировании сводится к определению тех треугольников, которые пересекает заданная горизонтальная плоскость (одна вершина каждого такого треугольника должна иметь координату z по другую сторону от плоскости, чем две другие), а затем из двух линейных уравнений определяется линия пересечения с плоскостью, т.е. участок границы контура. В результате граница горизонтального сечения получается состоящей из отрезков прямых линий. Изменение угловой ориентации при описании

поверхности объекта при использовании TIN-поверхностей требует предварительной стандартной операции преобразования координат вершин всех треугольников и направляющих косинусов нормалей.

11.8 3D-модели макрошероховатых дорожных покрытий рекомендуется получать в форматах Wavefront OBJ, 3DS models, VRML, Stanford PLY, Autodesk DXF, COLLADA, U3D, Adobe PDF.

11.9 На основе результатов 3D-моделирования проводится статистический анализ и математическое моделирование.

11.10 По результатам прототипирования и печати на 3D-принтере объемной модели проводят физическое моделирование различных прикладных задач, например, в аэродинамической трубе или в гидравлическом лотке

12 Контроль качества при устройстве макрошероховатых дорожных покрытий

12.1 Контроль качества работ по устройству макрошероховатых дорожных покрытий состоит в систематической проверке качества применяемых дорожных материалов, приготовления смесей, соблюдении технологии производства работ. Все контрольные работы следует выполнять в строгом соответствии с методами испытания, изложенными в соответствующих технических документах.

12.2 В процессе производства работ по устройству макрошероховатого дорожного покрытия осуществляется операционный контроль процессов приготовления и укладки материалов в поверхностный слой.

12.3 При устройстве макрошероховатых дорожных покрытий контролируемые параметры, частота их определения и допустимые отклонения от нормативных значений регламентируются [2].

12.4 После уплотнения покрытия осуществляется операционный контроль параметров макрошероховатости не менее чем в трех местах (по выбору производителя работ) на 100 п.м устроенного слоя (от 25 до 30 определений на

1 км). Определяются параметры макрошероховатости на соответствие проектным.

12.5 В процессе устройства макрошероховатого дорожного покрытия особое внимание рекомендуется уделять тщательности сопряжения технологических швов и однородности структуры макрошероховатости поверхности. Рекомендуется предупреждать появление пятен переизбытка вяжущего, «тощих» обедненных участков и пропусков в устроенном слое.

12.6 На этапе ухода за устроенным слоем определяется степень приживаемости его элементов к поверхности обрабатываемого слоя, которую по площади рекомендуется доводить до 100 %, а по объему материала до 95 %. Контролируются проходы грузовых автомобилей и их скорость в течение первых четырех суток после устройства слоя макрошероховатого покрытия.

12.7 Приемочный контроль качества макрошероховатого дорожного покрытия осуществляется по [2] после завершения формирования шероховатой поверхностной обработки через 14 суток. Разрешается осуществлять приемку отдельными участками, расположение и протяжение которых устанавливается Заказчиком по согласованию со строительной организацией.

12.8 Рекомендуется проводить статистическую обработку результатов измерений параметров макрошероховатости по методике настоящего ОДМ.

12.9 Согласно [2] при приемке объекта в эксплуатацию оценивают коэффициент сцепления (ГОСТ 30413) базовым прибором ПКРС-2 или другими приборами, показания которых коррелируются с базовым прибором. Значения измеренного коэффициента сцепления должны быть не ниже значений, указанных в проекте.

12.10 Согласно [2] при приемке объекта в эксплуатацию допускается косвенно оценивать шероховатость методом «песчаного пятна». При приемке выполненных работ, значения средней глубины впадин шероховатости в зависимости от коэффициента сцепления должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 19 [1].

Таблица 19 - Контролируемые значения средней глубины впадин шероховатости в зависимости от коэффициента сцепления

Коэффициент сцепления	Минимальное значение средней глубины впадин шероховатости по методу «песчаное пятно», мм
0,28-0,3	1
0,35	1,8

12.11 Оценка качества макрошероховатого дорожного покрытия осуществляется путем сопоставления проектных и измеренных параметров макрошероховатости. Приемка работ производится при соответствии параметров макрошероховатости и коэффициента сцепления проекту.

12.12 Оценку качества поверхности макрошероховатого дорожного покрытия производят в период сдачи вновь построенных автомобильных дорог в эксплуатацию и после проведения ремонтных работ в процессе эксплуатации дороги. На эксплуатируемых автомобильных дорогах не реже чем один раз в три года оценивают изменения параметров макрошероховатости и коэффициента сцепления во времени с целью своевременного установления запредельного уровня (таблица 19), по достижении которого необходимы срочные мероприятия по восстановлению макрошероховатости. На участках концентрации ДТП контроль макрошероховатости и коэффициента сцепления следует производить более часто.

12.13 Качество макрошероховатого дорожного покрытия оценивается коэффициентами вариации глубины неровностей макрошероховатости и равномерности распределения щебня.

12.14 Коэффициент вариации средней глубины впадин макрошероховатости определяется по формуле:

$$C_H = \frac{\Delta_H}{H_{CP}} \quad , \qquad (33)$$

где $C_н$ – коэффициент вариации средней глубины впадин макрошероховатости;

H_{CP} – среднее значение глубины неровностей, мм; $\Delta_н$ - среднеквадратичное отклонение глубины отдельных впадин макрошероховатости.

Полученный коэффициент $C_н$ не должен превышать 0,15 (для отличной оценки качества).

12.15 Равномерность распределения щебня по поверхности покрытия определяют с помощью прямоугольной рамки размера 0,1х0,2 м, в пределах которой подсчитывают количество зерен щебня. Измерения повторяют 10 раз на участке длиной 1000 м. По результатам измерений определяют среднее число зерен щебня в пределах площади, ограниченной рамкой, и среднеквадратичное отклонение результатов отдельных измерений от среднего δ_m по формуле:

$$\delta_m = \sqrt{\frac{\left(\sum m_i - m\right)^2}{(n-1)}} \quad , \qquad (34)$$

где m_i – число зерен щебня находящихся внутри контура рамки, шт.; m – среднее число зерен щебня, шт.; n - число измерений.

12.16 Коэффициент вариации определяют по формуле:

$$C_m = \frac{\delta_m}{m} \quad . \qquad (35)$$

Полученный коэффициент вариации C_m также не должен превышать 0,15 (для отличной оценки качества).

12.17 Требуемые значения возможно достичь прочностью каменного материала, отсутствием «лещадки», т. е. формой зерен, расходом битума. Данными параметрами при приемке работ косвенно и проверяются: прочность щебня, размер и форма зерен, отсутствие «лещадки», расход битума.

12.18 Требования к коэффициенту вариации глубины впадин макрошероховатости позволяют обеспечивать необходимый размер зерен, т. е. их однородность. Несоблюдение параметра влияет на коэффициент сцепления;

12.19 Требования к коэффициенту вариации равномерности распределения щебня позволяют обеспечить однородность распределения

щебня по поверхности, косвенно расход. Несоблюдение данного параметра влияет на обеспечение коэффициента сцепления.

12.20 Коэффициент равномерности распределения щебня по поверхности покрытия (определяют с помощью прямоугольной рамки размером 0,1х0,2 м), является среднеквадратичным отклонением результатов отдельных измерений от среднего, полученного по результатам 10 измерений, он не учитывает необходимое количество щебня на поверхности ШПО.

12.21 Операционный контроль качества при устройстве одиночной шероховатой поверхностной обработки проводится постоянно в процессе производства работ техническим персоналом (мастером, оператором, лаборантом) непосредственно на месте производства работ (таблица 20).

12.22 Для автоматизации измерения и расчета геометрических параметров макрошероховатости рекомендуется использовать автоматизированные программные модули.

12.23 Определение параметров макрошероховатости осуществляется по профилограмме, полученной с помощью игольчатого профиломера или прибором ПКШ-4 (ФГУП «СоюздорНИИ»), или прибором Подлиха (МАДИ(ГТУ)). В случае отсутствия приборов разрешается использовать в качестве базы метровый элемент дорожной линейки и штангенциркуль с выдвинутым щупом с дискретностью измерения по базовой длине – 2,0 мм.

12.24 Возможно использование первичного измерительного преобразователя в виде двухкоординатного лазерного датчика «мыши» компьютера по схеме измерения, когда контактирующий преобразователь перемещается по огибающей по вертикальному сечению измеряемого шероховатого поверхностного слоя, а лазерный датчик взаимодействует с вертикально установленной плоской шероховатой поверхностью. Путь первичного преобразователя очерчивается на экране портативного компьютера и оцифровывается. Определяются параметры макрошероховатости.

12.25 С помощью портативного профиломера можно определить среднюю глубину впадин, дисперсию высот активных выступов, шаг и

средний диаметр элементов макрошероховатости.

Таблица 20 – Технология операционного контроля качества при устройстве макрошероховатых дорожных покрытий

Основные операции, подлежащие контролю	Контролируемый параметр	Контролирующее лицо	Метод и средство контроля	Время контроля	Место контроля	Величина допускаемых отклонений
1	2	3	4	5	6	7
Подготовка верхнего слоя покрытия	Наличие дефектов покрытия, пыли и грязи	Мастер, оператор	Визуально	До распределения материалов	Поверхность дороги	Не допускается
Приемка материалов:	Влажность	Мастер, оператор	Паспорт, накладная	До выгрузки	Каждый самосвал	Сухой [2]
	Фракция					10-15
Щебень	Наличие примесей	- // -	Визуально	Постоянно	- // -	
		- // -	- // -	- // -	- // -	
	Марка по прочности					Не менее М-1000
	Температура	- // -	- // -	- // -	- // -	Не более 65°С
		Мастер, оператор	Термометр	До выгрузки	Каждый битумовоз	
Битумная эмульсия	Марка		Паспорт, накладная			В соответствии с проектом
Распределение битумной эмульсии	Норма розлива битумной эмульсии	Мастер, оператор, лаборант	Измерительное приспособление и визуально	До начала распределения	На распределителе и поверхности дороги	В соответствии с проектным решением
	Равномерность распределения					Изменения распределения по ширине не более 7 %
	Температура розлива		Термометр	До начала и по мере распределения		от 30°С до 65°С
	Качество продольных стыков		Визуально	По мере распределения	На поверхности дороги	Наложение не менее 20-25 см

1	2	3	4	5	6	7
Распределение щебня	Норма распределения щебня	Мастер, оператор, лаборант	Измерительное приспособление и визуально	До начала распределения	На распределителе и поверхности дороги	В соответствии с проектным решением
	Равномерность распределения					Изменения распределения по ширине не более 10 %
	Качество поперечных стыков	Мастер оператор лаборант	Визуально	По мере распределения	На поверхности дороги	Не допускается наложение
	Сцепление вяжущее-щебень	Лаборант	По данным лаборатории	По окончании уплотнения	На поверхности дороги	Хорошее, отличное
Уплотнение	Количество проходов катка по одному следу	Мастер, оператор	Визуально	По мере уплотнения	На поверхности дороги	5 проходов [2] 3 км/ч
	Скорость уплотнения		Секундомер	После уплотнения	На катке	Не должно быть смещения щебенок
	Степень уплотнения		Визуально	при пробном проходе катка	На поверхности дороги	
Удаление излишков щебня	Количество проходов по одному следу	Мастер, оператор	Визуально	По мере очистки	На уборочной машине	1 проход

12.26 Производится расчет параметров макрошероховатости.

12.27 С помощью отпечатка структуры макрошероховатости в зоне контакта шины транспортного средства определяется средний диаметр элементов активной макрошероховатости и активность контакта элементов макрошероховатости с шиной колеса транспортного средства.

13 Охрана труда и техника безопасности

13.1 К работам по устройствам макрошероховатых дорожных покрытий допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие предварительный медицинский осмотр, а также обучение и инструктаж по безопасности труда в соответствие с ГОСТ 12.0.004, ГОСТ 12.1005 и [16, 17].

13.2 Лица, допускаемые к эксплуатации дорожных машин и оборудования, используемых при устройстве макрошероховатых дорожных покрытий должны иметь удостоверение на право работы на них. Все работающие должны пользоваться средствами индивидуальной защиты, предусмотренными действующими нормами и по защитным свойствам соответствующими виду и условиям работ, а также применяемым материалам.

13.3 При работе машин по устройству макрошероховатых дорожных покрытий необходимо соблюдать требования, изложенные в [16].

13.4 При проведении работ необходимо принять меры по обеспечению безопасности движения. С этой целью на участках проведения работ, до их начала, устанавливаются временные дорожные знаки, ограждения и направляющие устройства, а в необходимых случаях устраивают объезд. Ограждение места работ производят с помощью ограждающих щитов, штакетных барьеров, стоек, вешек, конусов, шнуров с цветными флажками, сигнальных огней.

13.5 Схемы организации движения и ограждения рабочих мест работ независимо от того, являются они типовыми или индивидуальными, а также сроки проведения работ утверждаются руководителем дорожной организации и согласовываются с органами ГИБДД.

13.6 При составлении схем организации движения необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

- предупредить заранее водителей транспортных средств и пешеходов об характере опасности вызванной дорожными работами и показать характер этой опасности;

- четко обозначить направление объезда, имеющихся на проезжей части препятствий, а при устройстве объезда ремонтируемого участка - его маршрут;
- создать безопасный режим движения транспортных средств и пешеходов на подходах и на участках проведения дорожных работ.

13.7 При работах, имеющих подвижный и краткосрочный характер, временные знаки можно размещать на переносных барьерах, щитах, а также на автомобилях и самоходных дорожных машинах, участвующих в работе. В темное время суток дорожные машины должны находиться за пределами земляного полотна. В случае невозможности выполнения этого требования, дорожные машины должны быть ограждены с обеих сторон барьерами с сигнальными фонарями желтого цвета, зажигаемыми с наступлением темноты, с установкой барьеров на расстоянии от 10 до 15 м от машины.

13.8 Выполнение требований по организации движения и техники безопасности в местах производства дорожных работ возлагается на инженерно-технический персонал, который непосредственно руководит производством работ (руководителя организации, главного инженера, начальника участка, прораба, мастера).

Библиография

1. СНиП 2.05.02-85 Автомобильные дороги.

2. СНиП 3.06.03-85 Автомобильные дороги.

3. Пособие по строительству асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов (к СНиП 3.06.03-85).

4. ОДМ 218.3.054-2015 Устройство поверхностной обработки и тонких слоев износа с применением различных видов фиброволокон (распоряжение Росавтодора от 29.09.2015 № 1801-р).

5. ОДМ Методические рекомендации по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования (ГСДХ Минтранса России от 17 марта 2004 г. № ОС-28/1270-ИС).

6. ОДМ Рекомендации по устройству дорожных покрытий с шероховатой поверхностью. 2004.

7. Пособие по устройству поверхностных обработок на автомобильных дорогах (к СНиП 3.06.03-85).

8. ОДМ Методические рекомендации по устройству одиночной шероховатой поверхностной обработки техникой с синхронным распределением битума и щебня (распоряжение Росавтодора от 26.10.2001 № ОС-432-р).

9. ОДМ Методические рекомендации по устройству верхних слоев дорожных покрытий из щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА).

10. Пособие по приготовлению и применению битумных дорожных эмульсий (к СНиП 3.06.03-85).

11. ОДМ 218.3.013-2011 Методические рекомендации по применению битумных эмульсий при устройстве защитных слоев износа из литых эмульсионно-минеральных смесей.

12. ОДМ Методические рекомендации по устройству защитного слоя износа из литых эмульсионно-минеральных смесей типа «Сларри Сил».

13. ОДМ Руководство по применению комплексных органических вяжущих (КОВ), в том числе ПБВ, на основе блоксополимеров типа СБС в дорожном

строительстве.

14. ОДМ Индивидуальные элементные сметные нормы и расценки на работы по ремонту автомобильных дорог с использованием новой техники и технологий (2003 г.).

15. ОДМ Рекомендации по применению макрошероховатых слов дорожного покрытия на основе открытых битумоминеральных смесей (2004 г.).

16. СНиП III-4-80 Техника безопасности в строительстве.

17. СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования.

Приложение

Критерии проектирования макрошероховатых дорожных покрытий

Б.1 Критерии проектирования макрошероховатых поверхностных слоев:

- минимально необходимый коэффициент сцепления шины транспортного средства с поверхностью покрытия, гарантирующий возможность движения транспортного средства с разрешенной скоростью, а также возможность остановки на расстоянии допустимого остановочного пути (0,5 х V км/ч = $L_{ост}$, м) или экстренного торможения без заноса, при неблагоприятном состоянии покрытия (мокрое, заснеженное); реализуется уровнем макрошероховатости;

- максимально допустимый коэффициент сопротивления движению, обеспечивающий движение автомобиля с разрешенной скоростью при нормативной загрузке; реализуется определенным уровнем макрошероховатости;

- прочность и устойчивость поверхностного слоя покрытия при воздействии нормативной нагрузки от движущихся автомобилей и меняющихся природных факторов (вода, температура) реализуется прочностью структуры слоя и прочностью связи с нижележащим слоем;

- износостойкость, характеризует долговечность сохранения эксплуатационных свойств поверхностного слоя под воздействием автомобильной нагрузки, природных факторов и технологических воздействий содержания в процессе эксплуатации дороги реализуется оптимальным подбором материалов, технологии их предварительной обработки, технологии устройства и технологией содержания слоя;

- водоотведение, характеризует способность поверхностного слоя быстро отводить или поглощать воду с поверхности покрытия во время ливней без образования критической пленки воды, способствующей аквапланированию шины по поверхности покрытия обеспечивается определенным уровнем макрошероховатости покрытия;

- яркость поверхности покрытия гарантирует минимально допустимую

степень зрительного восприятия дорожных условий в процессе движения, реализуется подбором светлых материалов;

- шумность покрытия, характеризует силу звука возникающего при проезде автомобиля с определенной скоростью по поверхности покрытия, обладающего определенной структурой шероховатости, реализуется подбором оптимальной структуры макрошероховатости.

Процесс проектирования поверхностного слоя покрытия рекомендуется производить в четыре этапа: сбор и анализ исходных данных; проектирование (обоснование) основных конструкционных и эксплуатационных свойств поверхностного слоя; проектирование технологии устройства поверхностного слоя; разработка рекомендацией по технологии содержания и ремонта поверхностного слоя в процессе эксплуатации дорожного покрытия.

Этапы проектирования поверхностного слоя производят исходя из следующих принципов: максимальное удовлетворение требуемых транспортно-эксплуатационных свойств (скорости, удобства и безопасности движения) в течении расчетного срока службы покрытия; максимальное использование имеющихся возможностей производственной базы, технологических машин, местных дорожно-строительных материалов и кадров при устройстве, содержании и ремонте; более полное раскрытие функционально-эксплуатационных свойств шероховатых структур поверхности покрытия. Результатом проектирования является карточка проектных решений, отражающая принятые параметры макрошероховатого дорожного покрытия (таблица А.1).

Таблица А.1 – Карточка проектных решений с км _____ до км _____

№ пп	Наименование параметров и характеристик	Единица измерения	Величина или определение	Источник обоснования
1	2	3	4	5
I. Исходные данные				
1	Категория дороги		Римская цифра	Техническое задание
2	Эксплуатационная стадия	км	Величина, определение	Изыскания

продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5
3	Тип покрытия	тип	определение	То же
4	Участки с особыми условиями движения	км-км	с км по км , протяженность	То же
	а) прямые с укл. ≤30‰	км-км	с км по км , протяженность	Изыскания
	б) уклоны ≥ 30 ‰-40 ‰	«	То же	То же
	уклоны > 40 ‰-50 ‰	«	То же	То же
	уклоны > 50 ‰-60 ‰	«	То же	То же
	уклоны > 60 ‰	«	То же	То же
	в) кривые R ≥ min доп.	«	То же	То же
	г) остановочные площ.	«	То же	То же
	д) подходы к мостам	«	То же	То же
	е) перекрестки	«	То же	То же
	ж) участки с огранич.видимостью	«	То же	То же
	з) участки в населенных пунктах	«	То же	То же
	Другие участки, требующие особого режима движения	«	То же	То же
5	Характеристики движения	-	-	-
	а) интенсивность среднегодовая	авт/сут	с км по км , величина	Изыскания
	интенсивность лето + осень	«	То же	То же
	интенсивность зима	«	То же	То же
	интенсивность весна	«	То же	То же
	б) состав движения	%	легкое	То же
	легкое < 30 кН, среднее 30-80 кН	%	среднее	То же
	тяжелое ≥ 80 кН на колесо	%	тяжелое	То же
	в) грузонапряженность годовая	млн. кН	с км по км , величина	То же
	грузонапряженность лето + осень	млн. кН	То же	То же
	грузонапряженность зима	млн. кН	То же	То же
	грузонапряженность весна	млн. кН	То же	То же
	г) скорость расчетная	км/ч	То же	[1]
	д) скорость фактическая	км/ч	То же	Изыскания
	годовая средняя потока	км/ч	То же	То же
	годовая min 15% обеспечен.	км/ч	То же	То же
	годовая max 95% обеспечен.	км/ч	То же	То же

продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5
	сезонная лето + осень, средняя	км/ч	с км по км, величина	Изыскания
	min (15% обесп.), max (95% обесп.)	км/ч	То же	То же
6	Характеристики безопасности движения	-	-	-
	а) расчетные	$К_{итог}$	с км по км, величина	-
	б) фактические	$К_{отн}$	То же	-
7	Погодно-климатические характеристики	-	-	-
	а) температура воздуха	-	-	-
	max лето, период	$t^{o}C$	с км по км, величина	Изыскания
	min зима, период	$t^{o}C$	То же	То же
	б) количество зимних оттепелей и средняя продолжительность	шт/час	То же	То же
	в) осадки	-	-	-
	общие дождевые лето	мм	с км по км, величина	Изыскания
	осень	«	То же	То же
	весна	«	То же	То же
	зима	«	То же	То же
	г) интенсивность осадков	-	-	-
	max дождевые, период	мм/ч	с км по км, величина	Изыскания
	max снеговые, период	«	То же	То же
	д) снегозаносимость за зимний период	$м^{в}$/п.м	То же	То же
	е) гололедоопасные участки	кол/час	То же	То же
	ж) туманоопасные участки	-	-	-
	лето	кол/час	с км по км, величина	Изыскания
	осень	«	То же	То же
	весна	«	То же	То же
	зима	«	То же	То же
8	Геометрические размеры	-	-	-
	а) ширина проезжей части	м	с км по км, величина	Изыскания

продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5
	б) ширина укрепительных полос	м	с км по км, величина	Изыскания
	в) поперечный уклон	‰	То же	То же
9	Прочностные характеристики		-	-
	а) прочность на сжатие	МПа	с км по км, величина	Измерения
	б) прочность на сдвиг	МПа	То же	То же
	в) прочность на отрыв	МПа	То же	То же
	г) прочность на растяжение при изгибе	МПа	То же	То же
	д) упругий прогиб	мм	То же	То же
10	Характеристики состояния	-	-	-
	а) чистота	г/м^2	с км по км, величина	Измерения
	б) влажность	%	То же	То же
	в) ровность нивелирование	мм	То же	То же
	ровность 3-х метровая рейка	просвет, мм	То же	То же
	г) колейность правая полоса	мм	То же	То же
	колейность левая полоса	мм	То же	То же
	д) уровень шероховатости	уровень	То же	То же
	е) дефектность	% от площади покрытия	То же	То же
11	Кислотность поверхности	pH	То же	То же
II. Проектные решения по нижележащему слою покрытия				
1	Очистка покрытия от пыли и грязи	м^2	км-км, величина	Пробная очистка
	а) металлическими щетками (марка) за 1 проход по одному месту	м^2	То же	То же
	б) мойка и очистка поливомоечной машиной (марка) за 1-2 прохода по одному месту	м^2	То же	То же

продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5
	в) продувка и просушка поверхности компрессором (марка)	$м^2$	км-км, величина	Пробная очистка
2	Заделка трещин	$м^2$	-	-
	а) заливка трещин до 10 мм горячим битумом	п.м. трещ	км-км, величина	На основе дефектной ведомости
	б) заделка трещин и швов более 10 мм битумной мастикой	«	То же	То же
3	Ямочный ремонт покрытия (технологический принцип и марки технологических машин)	$м^2$	То же	То же
4	Закрепление поверхности (технологический принцип и марки технологических машин)	$м^2$	То же	То же
5	Выравнивание поверхности в продольном и поперечном профиле (технологический принцип и марки технологических машин)	$м^2$	То же	То же
6	Усиление дорожной одежды путем (технологический принцип и технологические машины) толщиной (толщина конструктивных слоев)	$м^2$	То же	-
7	Регенерация нижележащего слоя покрытия путем (технологический принцип и технологические машины) толщиной (толщина регенерирующего слоя)	$м^2$	То же	То же
8	Перестройка всей конструкции дорожной одежды в местах полного разрушения (технологические машины, конструкция дорожной одежды)	$м^2$	То же	То же

продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5
9	Активизация поверхности путем (технологический принцип активизации, технологические машины и режимы)	$м^2$	км-км, величина	Испытания на отрыв и сдвигоустойчивость
	III. Проектные решения по шероховатому поверхностному слою			
1	Расчетный срок службы	годы	км-км, величина	Техническое задание, ТЭО
2	Базовый тип поверхностного слоя	км/тип	км-км наименование типа поверхностного слоя	ТЭО
3	Геометрические характеристики	-	-	-
	а) ширина покрытия	м	км-км, величина	[1]
	б) ширина укрепительных полос	м	То же	То же
	в) поперечные уклоны	‰	То же	То же
4	Уровень шероховатости	-	-	-
	а) на участках с легкими условиями движения	уровень (число)	км-км, величина	Таблица 5 [5]
	б) на участках с затрудненными условиями движения	«	То же	То же
	в) на участках с опасными условиями движения	«	То же	То же
	г) другие участки (наименование), требующие особого уровня шероховатости	«	То же	То же
5	Толщина поверхностного шероховатого слоя	мм	То же	[5]
6	Прочностные характеристики	-	-	-
	а) прочность на сжатие	МПа	км-км, величина	условие 10
	б) прочность на сдвиг	МПа	То же	условие 11
	в) прочность на отрыв	МПа	То же	условие 12
	г) прочность на растяжение	МПа	То же	условие 13
	д) износостойкость	мм/год	То же	условие 17

продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5
7	Характеристики параметров шероховатости (активность поверхности элементов, относительная активность контакта, относительная плотность контактов, средняя глубина впадин, степень плотности элементов шероховатости)	показ.	км-км, величина	лабораторный подбор материала, таблица 2
8	Характеристики материала поверхностного слоя	-	-	-
	а) вид материала и его характеристики	вид, марка	с км по км , показатель	Соответствие ГОСТ*
	б) характеристики минеральной составляющей	рецепт	с км по км , ссылка на рецепт	Лабораторный подбор
	в) характеристики вяжущего	«	То же	То же
	г) характеристики обогащающих и улучшающих добавок	вид добавки	То же	То же
	д) характеристики фиброволокна	«	То же	То же
9	Характеристики технологических машин	-	-	-
	а) для подготовительных работ	марки кол-во	с км по км , ссылка на технологическую карту	ППР
	б) для основных работ	«	То же	То же
	в) для заключительных работ	«	То же	То же
	г) дозаторы фиброволокна	«	То же	То же
	д) модернизация машин для использования фиброволокна	«	То же	То же
10	Производственно-техническая база	-	-	-
	а) АБЗ и ЦБЗ	марки произв.	обслуживаемая зона с км по км марка, производительность	Имеющийся или рекомендуемый на основе ППР
	б) битумные и эмульсионные базы	«	То же	То же

окончание таблицы А.1

1	2	3	4	5
	в) дробильно-сортировочные заводы	марки произв.	обслуживаемая зона с км по км марка, производительность	Имеющийся или рекомендуемый на основе ППР
11	Удельные расходы материала	-	-	-
	а) для подгрунтовки (вид материала)	т, $м^3$ 1000 $м^2$	с км по км, величина	рабочая технологическая карта
	б) для устройства поверхностного слоя (вид материала)	т, $м^3$ 1000 $м^2$	То же	То же
	в) расход фиброволокна	кг, $м^3$ 1000 $м^2$	То же	То же
IV. Рекомендуемые машины для содержания и ремонта поверхностного слоя покрытия				
1	Уборка покрытия от пыли и грязи поливомоечными машинами с мягкими щетками	тип, м-см км	км км , тип, м-см	Имеющиеся или рекомендуемые
2	Машины для патрульной снегоочистки	«	То же	То же
Примечание - *)Требования к конструктивным материалам и их составляющим регламентируются [1, 2] и соответствующими ГОСТ в зависимости от видов материала, используемого для устройства поверхностного слоя.				

ОКС 93.040

Ключевые слова: автомобильные дороги, дорожное покрытие, макрошероховатость, асфальтобетон, тонкие слои износа, шероховатые поверхностные обработки, разновысотность, разноглубинность, теоретико-вероятностный подход, проектирование, технологии, содержание, контроль качества, дисперсия, коэффициент вариации, профиль, текстура, коэффициент сцепления, сегрегация, знакочередование, активные выступы, впадины.

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО

(РОСАВТОДОР)

РАСПОРЯЖЕНИЕ

15.05.2017 Москва № 942-р

О применении и публикации ОДМ 218.2.079-2016 «Рекомендации по проектированию макрошероховатых дорожных покрытий»

В целях реализации в дорожном хозяйстве основных положений Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и обеспечения дорожных организаций рекомендациями по проектированию макрошероховатых дорожных покрытий:

1. Структурным подразделениям центрального аппарата Росавтодора, федеральным управлениям автомобильных дорог, управлениям автомобильных магистралей, межрегиональным дирекциям по строительству автомобильных дорог федерального значения, территориальным органам управления дорожным хозяйством субъектов Российской Федерации рекомендовать к применению с даты подписания настоящего распоряжения ОДМ 218.2.079-2016 «Рекомендации по проектированию макрошероховатых дорожных покрытий» (далее – ОДМ 218.2.079-2016).

2. Управлению научно-технических исследований и информационного обеспечения (А.В. Бухтояров) в установленном порядке обеспечить официальную публикацию ОДМ 218.2.079-2016.

3. Контроль за исполнением настоящего распоряжения возложить на заместителя руководителя И.Г. Астахова.

Руководитель Р.В. Старовойт

gost.e-ecolog.ru

О.В. Каширина
(495) 687-88-23 доб. 50-271