Система региональных документов регулирования градостроительной деятельности в Санкт-Петербурге

Региональные методические документы

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ МОЩЕНИЯ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ПОКРЫТИЙ ТЕРРИТОРИЙ ЖИЛОЙ И ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ ЗАСТРОЙКИ

РМД 32-18-2016 Санкт-Петербург

Актуализированная редакция
РМД 32-18-2012 Санкт-Петербург

Предисловие

1 **Разработан** Ассоциацией производителей вибропрессованных изделий для строительства мощения и благоустройства (АПВИ).

2 **Внесен** отделом мониторинга и стандартизации Управления перспективного развития Комитета по строительству.

3 **Согласован** Комитетом по градостроительству и архитектуре, Комитетом по благоустройству, Комитетом по развитию транспортной инфраструктуры, Службой государственного строительного надзора и экспертизы Санкт-Петербурга.

4 **Одобрен и рекомендован к применению** в строительстве на территории Санкт-Петербурга распоряжением Комитета по строительству от 20.09.2016 № 157.

Актуализированная редакция РМД 32-18-2012 Санкт-Петербург

Настоящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Правительства Санкт-Петербурга

© Правительство Санкт-Петербурга , 2016

Введение

Настоящие Рекомендации разработаны с целью создания руководства по вопросам проектирования, строительства и эксплуатации дорожных покрытий из камней и плит мощения на территориях жилой и общественно-деловой застройки.

Документ разработан на основе отечественного и зарубежного опыта по устройству мощения. Требования к бетонным вибропрессованным камням/плитам мощения проработаны с участием заводов–изготовителей таких изделий. Помимо традиционных (нежестких) дорожных одежд с покрытием из камней мощения, в документе описываются жесткие конструкции, выполненные с применением растворов на основе вяжущих.

Дорожные покрытия из камней/плит мощения рассматриваются в комплексе с основанием. В документе содержаться требования к физико-механическим свойствам слоев дорожной одежды и методика их контроля в процессе строительства. Приводятся рекомендации по уплотнению слоев основания дорожной одежды с покрытием из камней/плит мощения.

Рекомендации предназначены для специалистов, связанных с вопросами благоустройства: заказчикам, архитекторам, проектировщикам, строителям и эксплуатационникам.

Авторский коллектив: к. т. н. Костиков Ю. Б., Маслова Е.Е. (раздел 5.1), к.т.н. Гунин С. О. (раздел 7.8), д.т.н. Шестопалов А.А. (раздел 8.1), Мошенжал А. В. и Резяпкин И. П. (Альбом дорожных конструкций).

Ответственный исполнитель:
к. т. н. Ю. Б. Костиков, (812)953-89-35, kostikovspb@mail.ru.

Содержание

1. Область применения……...		7
2. Нормативные ссылки……..		8
3. Термины и определения……..		10
4. Общие положения ……...		13
4.1	Применение мощения в проектах благоустройства……..	13
4.2	Преимущества мощения……..	13
	4.2.1 Основные характеристики дорожных покрытий из камней/плит мощения……	13
	4.2.2. Экономическое обоснование применения мощения……	14
5. Изделия для мощения…….....		16
5.1	Бетонные (искусственные) плиты и камни мощения……	16
	5.1.1 Классификация и условные обозначения…….	16
	5.1.2 Основные характеристики……	17
	5.1.3 Требования к геометрическим размерам и отклонениям от них……	18
	5.1.4 Требования к лицевой поверхности……..	18
	5.1.5 Маркировка……..	19
	5.1.6 Упаковка……	19
5.2	Изделия строительно-дорожные из природных материалов……	20
5.3	Булыжный камень…….	20
5.4	Резиновая тротуарная плитка и брусчатка……	21
5.5	Клинкерный кирпич……	21
5.6	Полимер-песчаные изделия……	22
5.7	Сопутствующие изделия……	22
6. Оформление поверхности земли средствами мощения……		23
6.1	Колористика мощения…….....	23
6.2	Формирование доступной среды для маломобильных групп населения средствами мощения…….	24
6.3	Комбинированные и дренирующие покрытия…….....**.....**	27
7. Проектирование дорожных одежд с покрытиями из камней/плит мощения и клинкера……		29
7.1	Связанные и несвязанные покрытия……	29
7.2	Дорожные одежды с несвязанными покрытиями из искусственных, натуральных камней/плит и клинкера (традиционные конструкции)	33
	7.2.1 Назначение размеров камней/плит и клинкера ……	33
	7.2.2 Формы камней/плит.....	34
	7.2.3 Рисунок мощения……	35

	7.2.4 Заполнение швов…….**.....**	37
7.3	Дорожные одежды со связанными покрытиями из натуральных камней/плит мощения и клинкера (с использованием растворов на основе вяжущих)…….**.....**	39
	7.3.1 Растворы на основе вяжущих для устройства связанных покрытий……	39
	7.3.2 Требования к конструкции……	40
7.4	Температурные и деформационные швы……...	42
7.5	Закрепление краев мощения. Примыкания……	44
7.6	Уклоны, водоотвод и гидроизоляция……..	47
7.7	Улучшение эксплуатационных свойств покрытий……	51
7.8.	Особенности расчета ……...	51
	7.8.1 Жесткие и нежесткие дорожные одежды……..	51
	7.8.2 Определение жесткости плит…….	52
	7.8.3 Нагрузки……..	53
	7.8.4 Методы расчета ……..	55
	7.8.5 Определение давления на поверхности несущего основания с учетом покрытия из камней/плит……...	58
	7.8.6 Автоматизированное проектирование……..	59
8. Строительство и контроль качества дорожных покрытий из плит/камней мощения и клинкера…….....		60
8.1	Устройство слоев основания дорожной одежды……...	60
	8.1.1 Подготовка земляного полотна и основания……	60
	8.1.2 Уплотнение грунтовых оснований, слоев оснований из песка и щебеночно-песчаных смесей……...	62
	8.1.3 Уплотнение щебеночных оснований…….	65
	8.1.4 Контроль качества уплотнения……...	66
8.2	Устройство упора для мощения……..	67
8.3	Устройство несвязанных покрытий……	67
	8.3.1 Мощение искусственными плитами/камнями и клинкером……...	67
	8.3.2 Мощение естественной брусчаткой и шашкой……	73
	8.3.3 Мощение булыжником…….**.....**	75
8.4	Устройство связанных покрытий с применением растворов на основе вяжущих…….	77
8.5	Поверхностная обработка мощения гидрофобизаторами и стабилизаторами песка……..	79
8.6	Особенности работ по мощению в зимнее время…….	80
8.7	Контроль качества и приемка работ…….	81

9. Эксплуатация дорожных покрытий из плит/камней мощения…….	88
9.1 Начало эксплуатации…….	88
9.2. Оценка технического состояния……	88
9.3 Мероприятия по содержанию……..	90
9.4 Устранение высолов и белых налетов…….	92
9.5 Ремонт и восстановление после вскрытий……..	93
9.6. Дефекты……..	94
Библиография……	95
Приложение 1. Альбом дорожных конструкций с применением мощения……..	96

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРИМЕНЕНИЮ МОЩЕНИЯ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ТЕРРИТОРИЙ ЖИЛОЙ И ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ ЗАСТРОЙКИ

1 Область применения

Рекомендации по применению мощения при устройстве дорожных покрытий территорий **жилой и общественно-деловой застройки** (далее - Рекомендации) распространяются на проектирование, монтаж и эксплуатацию существующих, вновь строящихся, реконструируемых и подлежащих капитальному ремонту покрытий из натуральных и искусственных камней, включая мощение:

- пешеходных коммуникаций (тротуары, аллеи, дорожки, тропинки);

-общественных пространств (свободных от транспорта территорий общего пользования, в том числе пешеходные зоны, площади, улицы, скверы, бульвары, а также наземные, подземные, надземные части зданий и сооружений);

-транспортных проездов (элементы системы транспортных коммуникаций, не выделяемые красными линиями улично-дорожной сети города).

Применение настоящего документа становится обязательным для всех участников градостроительной деятельности, при включении требований о применении этого документа в задание на проектирование объекта, утвержденное в установленном порядке.

2 Нормативные ссылки

В настоящем документе приведены ссылки на следующие нормативные документы:

СП 42.13330.2011	Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений
СП 34.13330.2012	Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*.
СП 78.13330.2012	Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03 -85.
СП 59.13330.2012	Доступность зданий исооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001 (с Изменением № 1)
ГОСТ Р 1.4-2004	Стандарты организаций. Общие положения
ГОСТ 3344-83**	Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия (Взамен ГОСТ 8269.0-97 в части методов физико-механических испытаний. Поправка ИУС 2-90)
ГОСТ 5180-84	Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик
ГОСТ 6665-91	Камни бетонные и железобетонные бортовые. Технические условия
ГОСТ 32018-2012	Камни бортовые из горных пород. Технические условия.
ГОСТ 8267-93*	Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия
ГОСТ 8735-88*	Песок для строительных работ. Методы испытаний.
ГОСТ 8736-2014	Песок для строительных работ. Технические условия.
ГОСТ 9128-2009	Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.
ГОСТ 10060.0-95	Бетоны. Методы определения морозостойкости. Общие положения
ГОСТ 10060.1-95	Бетоны. Базовый метод определения морозостойкости
ГОСТ 10060.2-95	Бетоны. Ускоренные методы определения морозостойкости при многократном переменном замораживании, оттаивании
ГОСТ 10060.3-95*	Бетоны. Дилатометрический метод ускоренного определения морозостойкости (ИУС 1-3-2004)
ГОСТ 10060.4-95	Бетоны. Структурно-механический метод ускоренного определения морозостойкости
ГОСТ 10178-85*	Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия. (Поправка ИУС 6-2001)
ГОСТ 10180-90	Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам
ГОСТ 10181-2000	Смеси бетонные. Методы испытаний
ГОСТ 12730.3-78	Бетоны. Метод определения водопоглощения
ГОСТ 13015-2003	Изделия железобетонные и бетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения
ГОСТ 13087-81	Бетоны. Методы определения истираемости
ГОСТ 17608-91*	Плиты бетонные тротуарные. Технические условия
ГОСТ 17624-87	Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности
ГОСТ 22690-88	Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. (Поправки ИУС 5-89, ИУС 9-2009)
ГОСТ 22733-2002	Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности

ГОСТ 32018-2012	Изделия строительно-дорожные из природного камня
ГОСТ 25100-95	Грунты. классификация
ГОСТ 25584-90*	Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации
ГОСТ 25607-2009	Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов
ГОСТ 26134-84*	Бетоны. Ультразвуковой метод определения морозостойкости (ИУС 1-2-89)
ГОСТ 26433.0-85	Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Общие положения
ГОСТ 26433.1-89	Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Элементы заводского изготовления. (Поправка ИУС 12-90)
ГОСТ 28570-90	Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций
ГОСТ 30108-94	Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов (Изменения № 1 и № 2).
ГОСТ 31424-2010	Материалы строительные нерудные из отсевов дробления плотных горных пород при производстве щебня.
ГОСТ 32018-2012	Изделия дорожно-строительные из природного камня
ОДН 218.1.052-2002	Оценка прочности нежестких дорожных одежд // Отраслевые дорожные нормы. - М., 2002 – 85с .
ОДН 218.046-01	Проектирование нежестких дорожных одежд // Отраслевые дорожные нормы. – М., 2001 – 83 с.
СТО 58357155-001-2015	Камни и плиты мощения бетонные вибропрессованные. Технические условия.
СТО 93688437-001-2015	Растворы на основе вяжущих tubag.Технические требования.
ГОСТ 32311-2012	Кирпич керамический клинкерный для мощения. Технические условия.
ОДМ 218.2.007-2011	Методические рекомендации по проектированию мероприятий по обеспечению доступа инвалидов к объектам дорожного хозяйства. – М., 2013 г
СТО 45569200-001-2016	Фрикционный противогололедный материал из плотных горных пород. Технические условия
Закон Санкт-Петербурга от 14.02.2014 № 23-9 (ред. от 14.02.2014 г)	О региональных нормативах градостроительного проектирования, применяемых на территории Санкт-Петербурга (принят ЗС СПб 22.01.2014 г)
Закон Санкт-Петербурга от 25 декабря 2015 г № 891-180	О благоустройстве в Санкт-Петербурге(принят ЗС Санкт-Петербурга 23.12.2015 г)

П р и м е ч а н и е *- При пользовании Рекомендациями необходимо проверять действие ссылочных доку ментов по ежегодному Указателю «Нормативные документы по строительству, действующие на территории Российской Федерации» и руководствоваться измененными документами или документами, вве денными взамен отмененных.*

3 Термины и определения

В целях настоящих Рекомендаций приняты следующие термины и их определения:

Мощение – обязательная составная часть внешнего благоустройства городских территорий. В понятие мощения городских территорий входит:

- устройство твердого покрытия проезжей части, пешеходных тротуаров, дорожек, площадок, автостоянок и мест парковки и т. п.;
- устройство отмостки, водостоков, поребриков, подпорных и ограждающих стенок, защитных ограждений деревьев;
- устройство ступеней и пандусов для пешеходного движения.

Камень мощения бетонный – строительное изделие, изготовленное из бетона и предназначенное для устройства дорожных покрытий. Размеры камней мощения должны быть: высота сечения (толщина) - не менее 40 мм, площадь опорной поверхности - не более 0,05 м^2 и длина не более 28 и 30 см соответственно для прямоугольных в плане и фигурных камней.

Плита мощения бетонная - строительное изделие, изготовленное из бетона и предназначенное для устройства дорожных покрытий. Размеры плит для мощения должны быть: высота сечения (толщина) - не менее 60 мм, площадь опорной поверхности не более - 0,36 м^2, длина грани - не более 60 см.

Камень брусчатый колотый - малогабаритное объемное изделие из природного камня, изготовленное с помощью скалывающего инструмента, имеющее форму усеченной пирамиды с параллельными прямоугольными верхним и нижним основаниями, перпендикулярными оси, или форму прямоугольного параллелепипеда; все поверхности изделия- колотые, за исключением лицевой поверхности, которая может быть тесаной или иметь различные фактуры.

Камень брусчатый пиленый – изделие из природного камня в форме куба или прямоугольного параллелепипеда, изготовленное при раскрое заготовок режущим инструментом; все поверхности изделия - пиленые, за исключением лицевой поверхности, которая может иметь различные фактуры.

Плита мощения из природного камня - прямоплоскостные изделия квадратной или прямоугольной формы из природного камня с различными фактурами лицевой поверхности, полученные при раскрое заготовок режущим инструментом.

Клинкерный кирпич (клинкер) - керамическое изделие определенной формы и размера, применяемое для мощения и изготовляемое из глины или глинистых материалов с добавками или без них.

Доборные камни/плиты – камни/плиты специальной формы для выполнения определенной функции в готовом покрытии, например для оформления краев дорожного покрытия.

Лицевая поверхность – поверхность камня мощения или плиты, предназначенная для образования поверхности дорожного покрытия.

Дорожная одежда с покрытием из плит/камней мощения – многослойная конструкция, воспринимающая внешнюю нагрузку и передающая ее на подстилающий грунт. Дорожная одежда состоит из покрытия, выполненного из камней мощения (плит), несущего и (при необходимости) дополнительного слоя основания, а также грунта земляного полотна.

Основание - часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на расположенные ниже дополнительные слои или грунт земляного полотна (СНиП 2.05.02).

Основание может быть выполнено из различных материалов: щебня; песчаноцементной смеси; щебня, укрепленного цементом, или расклинцованного

песчаноцементной смесью, дренирующего (дренажного) бетона. Дополнительные слои основания (морозозащитные, теплоизоляционные, дренирующие и др.) - слои между основанием и верхом рабочего слоя земляного полотна, обеспечивающие морозоустойчивость и дренирование дорожной одежды и верхней части земляного полотна (СНиП 2.05.02). Дополнительные слои основания выполняются из дренирующих и не подверженных пучению материалов (песок, шлак и др.).

Дренирующий (дренажный) бетон (раствор)- крупно- или среднезернистый бетон (раствор), хорошо пропускающий воду и не поддающийся разрушению под влиянием температуры, воды и замораживания.

Покрытие из плит/камней мощения – верхняя часть дорожной одежды, воспринимающая воздействие от автомобильного и/или пешеходного движения (истирающие, ударные и сдвигающие нагрузки), и подвергающаяся непосредственному воздействию атмосферных факторов.

Покрытие включает собственно покрытие из камней мощения или плит высотой сечения 40-100 мм, заполнение швов между искусственными камнями, подстилающий слой толщиной 3…5 см в уплотненном состоянии.

Мостовая – дорожное покрытие капитального типа из штучных плит/камней мощения из естественных или искусственных материалов.

Мостовая булыжная – дорожное основание или покрытие переходного типа из штучных материалов – булыжного камня или грубоколотой каменной шашки.

Бортовой камень – строительное изделие, изготовленное из бетона или из изверженных, осадочных и литых горных пород, и предназначенное для отделения проезжей части улиц и дорог от тротуаров, газонов, площадок и т.п.

Квартал - выделяемый в составе проекта планировки территории элемент планировочной структуры территории Санкт-Петербурга;

Улица - выделенная в красных линиях территория общего пользования, предназначенная для движения транспортных средств и пешеходов, обслуживания и упорядочения застройки, прокладки инженерных коммуникаций, размещения объектов благоустройства, имеющая собственное наименование, используемое при формировании адресов недвижимости;

Площадь - элемент планировочной структуры, представляющий собой территорию общего пользования, расположенный на пересечении магистральных улиц, перед объектами транспортной инфраструктуры, предназначенный для перераспределения движения пешеходов и транспорта, имеющий собственное наименование, используемое при формировании адресов недвижимости;

Внутриквартальный проезд - расположенная в границах квартала территория общего пользования, обеспечивающая подъезды к отдельным земельным участкам внутри элемента планировочной структуры;

Пешеходные коммуникации - тротуары, аллеи, дорожки, тропинки, обеспечивающие пешеходные связи и передвижения на территории города и сельских поселений. При проектировании пешеходных коммуникаций на территории города следует обеспечивать: минимальное количество пересечений с транспортными коммуникациями, непрерывность системы пешеходных коммуникаций, возможность безопасного, беспрепятственного и удобного передвижения людей, включая инвалидов и маломобильные группы населения. В системе пешеходных коммуникаций следует выделять основные и второстепенные пешеходные связи [14]*.

*Примечание. Здесь и далее квадратными скобками обозначены ссылки на литературу (см. раздел “Библиография” на стр. 94-95).

Основные пешеходные связи обеспечивают связь жилых, общественных, производственных и иных зданий с остановками общественного транспорта, учреждениями культурно-бытового обслуживания, рекреационными территориями, а также связь между основными пунктами тяготения в составе общественных зон и объектов рекреации [14].

Второстепенные пешеходные связи обеспечивают связь между застройкой и элементами благоустройства (площадками) в пределах участка территории, а также передвижения на территории объектов рекреации (сквер, бульвар, парк, лесопарк). Ширина второстепенных пешеходных коммуникаций принимается порядка 1,0 -1,5 м [14]

Общественные пространства – свободные от транспорта территории общего пользования , в том числе пешеходные зоны, площади, улицы, скверы, бульвары, а также наземные, подземные, надземные части зданий и сооружений (галереи, пассажи, атриумы и другие), специально предназначенные для использования неограниченным кругом лиц в целях досуга, проведения массовых мероприятий, организации пешеходных потоков на территориях массового посещения общественного, делового назначения, объектов пассажирского транспорта.

Доступность - свойство элемента обустройства территории обеспечивающее беспрепятственное движение по ней инвалидов и других маломобильных групп населения с учетом обеспечения их безопасности.

Маломобильные группы населения - люди, испытывающие затруднения при самостоятельном передвижении, получении услуги, необходимой информации или при ориентировании в пространстве (инвалиды, инвалиды-колясочники, люди с временным нарушением здоровья, пожилые люди, беременные женщины, люди с детскими колясками, с малолетними детьми, тележками, багажом)

Тактильная информация - информация, которая предназначена для тактильного и визуального восприятия и может быть воспринята (опознана) человеком путем прикосновения к источнику этой информации (тактильному объекту).

Тактильный наземный (дорожный) указатель - средство отображения информации, представляющее собой полосу из различных материалов определенного цвета и рисунка рифления, позволяющих инвалидам по зрению распознавать типы дорожного покрытия путем осязания стопами ног, тростью или используя остаточное зрение.

Технический тротуар – это полоса с искусственным покрытием (буферный элемент городской магистрали), расположенная на примагистральной территории вдоль дорожного полотна.

Технологический тротуар- это полоса с искусственным покрытием (шириной 0,45 м), расположенная вдоль бортового камня для предотвращения попадания земли с прилегающих газонов.

Интуитивная навигация - система организации элементов благоустройства, оптимальное направление передвижения пешеходов по специально обустроенному для этих целей пространству.

4 Общие положения

4.1 Применение мощения в проектах благоустройства

Использование мощения для благоустройства территорий муниципальных образований предусмотрено “Методическими рекомендациями по разработке норм и правил по благоустройству территорий муниципальных образований” (Приказ Минрегиона России от 27.12.2011 № 613) [14]. Методические рекомендации устанавливают общие параметры и рекомендуемое минимальное сочетание элементов благоустройства для создания безопасной, удобной и привлекательной среды территорий муниципальных образований. Некоторые положения рекомендаций, в части, касающихся мощения:

•Для дорожных покрытий основных пешеходных коммуникаций и общественных пространств рекомендуется предусматривать мощение камнями/плитами. Не допускается применение в качестве покрытия кафельной, метлахской плитки, гладких или отполированных плит из искусственного и естественного камня.

•На дорожках скверов, бульваров, садов населенного пункта рекомендуется предусматривать твердые виды покрытия. Рекомендуется мощение камнями/плитами.

•Покрытие площадок для отдыха рекомендуется проектировать в виде мощения. При совмещении площадок отдыха и детских площадок не допускается устройство твердых видов покрытия в зоне детских игр.

•Для участков детских садов и школ в качестве твердых видов покрытий рекомендуется применение мощения из камней/плит.

•На транспортных проездах следует использовать асфальтобетонные покрытия или покрытия из камней/плит мощения.

Требования к мощению, как к элементу благоустройства могут также содержаться в правовых актах и проектной документации (далее - документы по благоустройству): ландшафтных сценариях; архитектурно-художественных регламентах; типовых решениях элементов благоустройства; нормативах благоустройства; правилах проведения работ по благоустройству, правилах уборки, содержания и эксплуатации объектов благоустройства, пользования объектами благоустройства), проектах комплексного благоустройства, проектах рядового благоустройства (Закон Санкт-Петербурга от 25.12. 2015 г № 891-180 “О благоустройстве в Санкт-Петербурге).

4.2 Преимущества использования мощения

4.2.1 Основные характеристики дорожных покрытий из камней /плит мощения

Покрытие из плит и камней мощения обладает рядом преимуществ в части ремонтопригодности, экологичности и эстетическим свойствам (см. таблицу 4.1).

Срок службы дорожных покрытий из плит/камней мощения зависит от используемых материалов, эксплуатационных нагрузок, качества строительства, условий содержания и ремонта.

Сравнение дорожных конструкций (рис.4.1) с точки зрения LCA (метод оценки жизненного цикла в контексте использования ресурсов первичной энергии), показывает, что благоприятные общие решения могут быть достигнуты с дорожными покрытиями из бетонных камней [25].

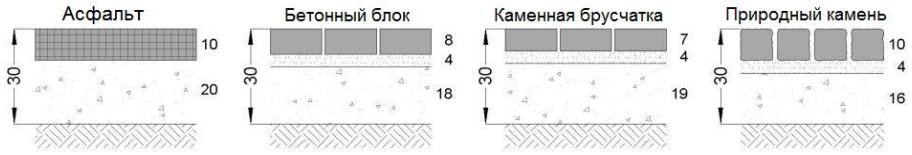


Рисунок.4.1- Дорожные конструкции тротуаров

Таблица 4.1 – Основные характеристики дорожных покрытий из камней/плит мощения

Характеристики	Описание
Несущая способность (восприятие внешних нагрузок)	Несущая способность дорожных покрытий из камней/плит мощения не зависит от температуры окружающего воздуха.
Технологичность строительства	Имеется возможность механизированной укладки камней/плит в покрытие. Производительность укладчика до 800 м^2 в смену.
Ремонтопригодность	Камни мощения многократно используются. Покрытие разбирается и восстанавливается обратно при прокладке и ремонте подземных коммуникаций. При ремонте не требуются специальные машины.
Экологичность	Бетон, естественные каменные материалы не выделяет в атмосферу вредных веществ. Возможно изготовление камней/плит мощения с фотокаталитической поверхностью [26] для очистки воздуха от вредных веществ.
Эстетический вид	Применение плит и камней мощения разнообразных цветов, форм и различной обработкой лицевой поверхности позволяет производить визуальное зонирование пространства, сформировать определенный зрительный образ городского пространства.
Водопроницаемость	Покрытия могут быть водопроницаемые или водонепроницаемые. Специальные водопроницаемые (дренирующие) покрытия снижают нагрузку на ливневую систему.

4.2.2. Экономическая эффективность применения мощения

При выборе того или иного типа дорожного покрытия инженеры-проектировщики должны учитывать их обобщенный технико-экономические показатель. Обобщенный показатель объединяет следующие данные: 1) перспективную грузонапряженность и работу перевозок; 2) транспортные расходы; 3) размер затрат на приобритение подвижного состава; 4) стоимость постройки или реконструкцию дороги; 5) стоимость ремонта и ежегодного содержания дороги, с учетом стоимости капитального ремонта , производимого в течение срока службы дороги; 6) срок службы одежды; 7) размер ежегодной амортизации.

Для наглядной оценки экономической эффективности предлагается использовать годовой размер дорожных расходов *D* [11].

Годовой размер дорожных расходов слагается из первоначальных затрат на постройку данного участка дороги, приходящихся на год ее службы, расходов по ежегодному ее содержанию и ремонту и амортизационных отчислений, которые должны быть накоплены к тому году, когда возникает необходимость исправлять дорожное покрытие, и которые были бы достаточны для производства этой работы. В виде формулы размеры дорожных расходов могут быть представлены следующим образом:

где *А* - стоимость первоначального устройства дорожного покрытия $(руб/м^2)$;

р - процент отчисления на расширенное воспроизводство;

Б - средняя годовая стоимость ремонта и содержания $(руб/м^2)$;

О - остаточная стоимость дорожного покрытия по окончании срока его службы $(руб/м^2)$;

l - площадь дороги ($м^2$) ;

r - коэффициент, определяющий ежегодный размер амортизации и представляемый по формуле:

$$r = \frac{1}{n},$$

где *n* – число лет службы.

Расчеты показывают, что мощеные дорожные покрытия при стоимости их первоначального устройства больше, чем асфальтобетонные, имеют меньший дорожный расход. Существенное влияние на результат оказывают:

- остаточная стоимость дорожного покрытия по окончании срока его службы, которая для асфальтовых покрытий равна нулю;
- стоимость ремонта и содержания дорожного покрытия.

Особенно важно для достижения экономического эффекта правильно производить работы по вскрытию и восстановлению мощеных покрытий. При производстве вскрытий дорожных покрытий из камней мощения для ремонта и прокладки подземных сооружений требуется следить за тщательной разборкой покрытия без раскалывания отдельных камней, которые затем не должны сваливаться в кучу, а складываться в правильные штабели. Следует стремиться к максимальному использованию старых камней, предварительно очистив их поверхности от песка, раствора и других загрязнений (см. раздел 9.5).

5 Изделия для мощения

5.1 Бетонные (искусственные) плиты/камни мощения

Требования к бетонным (искусственным) плитам/камням приведены в ГОСТ 17608 и стандарте Ассоциации производителей вибропрессованных изделий для строительства мощения и благоустройства СТО 58357155-001-2016 “Камни и плиты мощения бетонные вибропрессованные. Технические условия”. Стандарт устанавливает основные характеристики бетонных вибропрессованных изделий, общие технические требования к ним, общие правила приемки, маркировки, транспортирования, хранения и эксплуатации.

Стандарт является более подробным и совершенным документом, чем ГОСТ 17608. Поэтому, дальнейшая информация по вибропрессованным камням и плитам приведена из СТО 58357155-001-2016.

5.1.1 Классификация и условные обозначения

А) ***По назначению*** изделия подразделяются на классы и подклассы в соответствии с таблицей 5.1.

Таблица 5.1 – Классы изделий по назначению

Класс	Подкласс	Назначение	Рекомендуемые условия эксплуатации
А	$А_1$	Портовые территории, контейнерные терминалы, аэродромы (рулежные дорожки, перроны, места стоянок воздушных судов)	Сильное водонасыщение с применением антиобледенителей
	$А_2$	Автомобильные дороги, транспортные проезды, автозаправочные станции с повышенной интенсивностью движения	Зоны умеренного водонасыщения с применением антиобледенителей
В	$В_1$	Тротуары городских улиц и дорог, пешеходные площади со средней интенсивностью движения, посадочные площадки общественного транспорта	Умеренное водонасыщение без антиобледенителей
	$В_2$	Тротуары во внутриквартальных проездах, Пешеходные площади с малой интенсивностью движения Садово-парковые дорожки, индивидуальные частные участки, эксплуатируемые кровли зданий и сооружений	Слабое водонасыщение без антиобледенителей

Б) ***по технологии производства:*** однослойные или двухслойные;

В) ***по виду лицевой поверхности:*** с гладкой, текстурной (рельефной) или механически обработанной;

Г) ***по форме в плане:*** квадратные; прямоугольные; шестиугольные; сложной формы (К – квадратные; П – прямоугольные; МФ – мультиформатные; Ш – шестиугольные; Ф – фигурные плиты);

Д) ***по цвету:*** неокрашенные (серые из обычного бетона); цветные (окрашенные в лицевом слое или объемно окрашенные).

Изделия обозначают марками. Марку устанавливает Производитель в своем каталоге продукции. Марка должна включать в себя: форму, размеры, цвет лицевой поверхности, класс изделия.

5.1.2 Основные характеристики

Физико-механические свойства изделий должны соответствовать показателям, приведенным в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Физико-механические свойства изделий

Наименование показателя	Значение показателя для изделий			
	Класс А		Класс В	
	A_1	A_2	B_1	B_2
	Основные (обязательные)			
Класс бетона по прочности на сжатие, не менее	В35	В30	В25	В22,5
Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе*, не менее	$B_{tb}4,4$	$B_{tb}4,0$	$B_{tb}3,6$	$B_{tb}3,2$
Марка бетона по морозостойкости, не ниже	F_2200	F_2200	F_1200	F_1150
Истираемость бетона, г/см^2, не более	0,7 (G1)	0,7 (G1)	0,8 (G2)	0,9 (G3)
Водопоглощение, % по массе, не более	4	5	6	6
	Дополнительные (рекомендуемые)			
Рекомендуемая толщина, мм, не менее	100	80	60	40
Сопротивление удару, см, не менее	100	80	--	--
Сцепление между двумя слоями бетона двухслойных изделий	Отрыв не должен происходить по зоне контакта			
Коэффициент хим. стойкости (масло-бензостойкость)	$K_{XC} > 0,8$	$0,5 < K_{XC} < 0,8$	--	--
Коэффициент размягчения	0,85	0,8	---	---
Солестойкость %, не более	5	6	8	---

Примечания:
* Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе для бетонных плит, у которых отношение длины к толщине составляет 4 и менее, не нормируется.

По согласованию предприятия-изготовителя с потребителем допускается отклонение по дополнительным (рекомендуемым) показателям.
Дополнительные (рекомендуемые) показатели допускается не декларировать при выпуске продукции, а определять по требованию потребителя.

Значение нормируемой отпускной прочности тяжелого бетона от класса бетона по прочности на сжатие и класса бетона по прочности на растяжение при изгибе должно составлять не менее: 70% – в теплый период года; 90% – в холодный период года; то же, для мелкозернистого бетона – 90 % в любое время года.

Фактическая прочность бетона должна соответствовать требуемой по ГОСТ 18105, в зависимости от нормируемой прочности и показателей фактической однородности прочности бетона.

Изделия классов А1 и А2, к которым по условиям эксплуатации предъявляют повышенные требования по коррозионной стойкости, должны быть маслобензостойкими.

Изделия классов А1 и А2, к которым по условиям эксплуатации предъявляют особые требования, должны быть антистатичными и (или) безыскровыми.

Однослойные изделия, в зависимости от технического задания, допускается производить из тяжелого или мелкозернистого бетона.

Для повышения прочности, жесткости и трещиностойкости изделий допускается применять дисперсное армирование синтетическими волокнами.

5.1.3 Требования к геометрическим размерам и отклонениям от них

Изделия могут изготавливаться как с фасками и без них. Фаски представляют собой скосы верхних кромок брусчатки с размерами от 2 до 5 мм. При укладке и эксплуатации фаски имеют различные преимущества и недостатки.

Для облегчения укладки, с целью соблюдения ширины шва, на изделиях могут быть сделаны выступы толщиной не более 5 мм по длине и ширине.

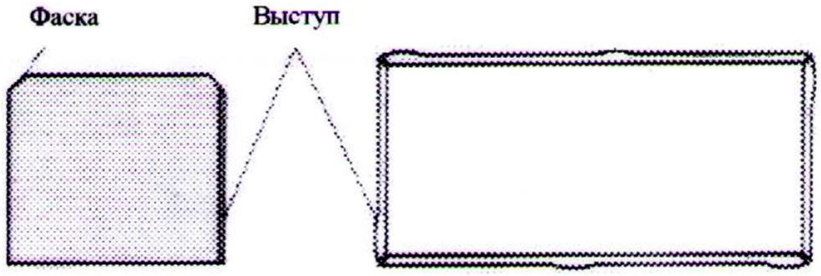


Рисунок 1 – Фаски и выступы на камнях мощения

Значения отклонения фактических размеров изделий от номинальных не должны превышать предельных, указанных в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Значения отклонений фактических размеров изделий от номинальных

Наименование отклонения геометрического параметра	**Наименование геометрического параметра**	**Предельное отклонение, мм**
Отклонение от линейного размера	Длина Ширина Толщина	**± 3,0** **± 3,0** **± 5,0**
Отклонение от прямолинейности профиля лицевой поверхности	- на заданной длине до 300 мм, от 300 мм	 < **1,0** < **3,0**
Отклонение от плоскостности поверхности	Плоскостность поверхности	< **5,0**
Отклонение от перпендикулярности торцевых и смежных им граней: - при толщине до 60 мм - при толщине более 60 мм	Перпендикулярность профиля	 **±2,0** **±3,0**

5.1.4 Требования к лицевой поверхности

Категория лицевой гладкой поверхности изделий – А6 по ГОСТ 13015. Качество рельефных, шероховатых, зернистых поверхностей, поверхностей с обнажением заполнителей должно соответствовать эталону отделки (в виде поверхности целого изделия или его фрагмента), утвержденному предприятием-изготовителем изделия или согласованному с Потребителем.

К договору на поставку цветных изделий по согласованию между заказчиком и производителем могут быть приложены образцы цветов. При производстве возможны отклонения по тону цвета, поэтому при укладке рекомендуется комбинировать изделия из разных транспортных поддонов или партий.

Допускается наличие известкового налета, который является результатом процесса гидратации цемента.

Загрязнения в виде жировых и ржавых пятен на лицевой поверхности не допускается.

Поверхность камней и плит не должна быть скользкой и травмоопасной. Методы оценки сцепных свойств дорожного покрытия из плит/камней мощения с пневматической шиной автомобиля или подошвой обуви пешехода отсутствуют. Методика измерения коэффициента сцепления на дорожных покрытиях из бетонных плит/камней мощения согласовывается и принимается совместно заинтересованными сторонами.

5.1.5 Маркировка

Маркировка должна соответствовать ГОСТ 13015. Маркировочные надписи и знаки указываются на этикетке Маркировочная надпись должна содержать следующие маркировочные знаки:

- торговый знак предприятия-изготовителя или его краткое наименование;
- условное обозначение изделия;
- обозначение стандарта;
- штамп ОТК;
- номер партии;
- дату изготовления продукции;
- количество изделий на транспортном поддоне.

При маркировке изделий допускается нанесение дополнительных сведений, в том числе информационного и рекламного характера.

Способ маркировки должен обеспечивать сохранность маркировочных надписей и знаков до монтажа изделий и указываться в технологической документации.

5.1.6 Упаковка

Упаковка изделий должна осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 13015 и настоящего стандарта.

Изделия укладываются на многооборотные транспортные поддоны или на подкладки согласно схемам складирования, принятым в утвержденной технической документации. Допускается изменять упаковку, при обеспечении сохранности при транспортировке.

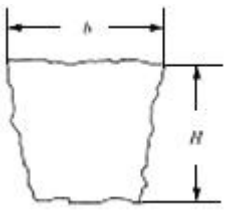
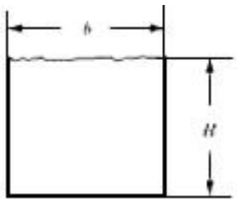
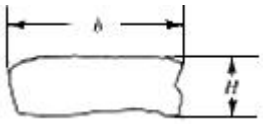
Поддон с изделиями для обеспечения сохранности и предотвращения рассыпания изделий оборачивается стрейч-пленкой или закрепляется лентами в горизонтальном направлении и снабжается этикеткой. Допускаются иные способы упаковки, обеспечивающие сохранность изделий.

Этикетка устанавливается таким образом, чтобы избежать ее повреждения в процессе хранения и транспортировки поддона.

5.2 Изделия строительно-дорожные из природного камня

Плиты и камни из естественных каменных материалов должны соответствовать ГОСТ 32018-2012 “Изделия дорожно-строительные из природного камня”. Стандарт устанавливает основные виды и размеры строительно-дорожных изделий, требования к горным породам, применяемым для изготовления изделий, а также правила приемки и методы контроля качества изделий. Основные типоразмеры

Для мощения рекомендуется использовать плиты и камни с шероховатой поверхностью, получаемой в результате термической или механической обработки (бучардирование, пескоструйная обработка). Следует заранее уточнить производственные возможности поставщика изделий. Размеры плит (соотношения длины и ширины, высоты (толщины) к длине) рекомендуется согласовать с производителем. Для тактильных наземных указателей рекомендуется использовать контрастные цвета изделий по сравнению с примыкающей к ним поверхностью мощения (см. раздел 6).

Марка	Тип поверхности	Форма	Размеры			Назначение
			Высота (толщина), мм	Ширина, мм	Длина, мм	
1.Брусчатые камни						
$К_{бр}ГК$	Колотая		**50-150**	**50-300**	**50-300**	Для покрытий на городских площадях, улицах, пешеходных зонах, трамвайных путях, автодорогах, садово-парковых дорожках и т.п.
$К_{бр}ГП$	Пиленая		**50-150**	**50-300**	**50-300**	
2. Плиты мощения						
-	Колотая		50-100	свыше 300-700	свыше 300-700	Для покрытий на пешеходных зонах, парковых дорожках и т.п.
-	Пиленая		50-100	свыше 300-700	свыше 300-700	Для покрытий на городских площадях, улицах, пешеходных зонах, парковых дорожнках

5.3 Булыжный камень

Булыжный камень представляет собой окатанные водой или ледниками обломки горных пород и имеет овальную форму. Сбор булыжного камня производят главным образом в полосе валунных отложений.

Площадь верхней поверхности камня должна быть больше нижней, а высота камня – не более его двойной толщины – 12-18 см (см.также п. 8.3.3) [5,11,20].

Булыжный камень делят на четыре сорта А, Б, В и Г, для каждого из них камень должен иметь средние размеры по высоте соответственно 18, 16, 14 и 12 см. Для каждого сорта должно быть камней по высоте меньше средней не более 30 %. Булыжный камень должен быть из однородной по структуре горной породы. Считается негодным булыжный камень из выветрившихся пород, с трещинами, прослойками и раковинами.

При слабом и среднем движении транспорта применяется камень высотой от 12 см до 18 см. При интенсивном движении следует использовать камень высотой 11-15 см.

5.4 Резиновая тротуарная плитка и брусчатка

Резиновая плитка – эластичное, упругое, ударопоглощающее покрытие, обладающее амортизирующими и ортопедическими свойствами. Поверхность резиновой плитки представляет собой шероховатую, приятную на ощупь, нескользящую поверхность, обладает отличным сцеплением с подошвой, предохраняет суставы от чрезмерных нагрузок.

Резиновую тротуарную плитку и брусчатку рекомендуется применять для покрытий площадок с повышенным риском получения травм: детские площадки, игровые зоны, аттракционы.

Травмобезопасное покрытие выполняется в форме резиновых плит 500х500 мм, толщиной 40 мм. Плитка способна защитить детей от получения травм при падении с высоты до 1,3 м.

Плитка может быть уложена на любую поверхность: песок, песчаную смесь, отсев, бетон асфальт. Плитки между собой соединяются специальными пластиковыми втулками. Покрытие можно собрать в прямом порядке или со смещением.

5.5 Клинкерный кирпич

Клинкерный кирпич для мощения должен соответствовать ГОСТ 32311-2012 “Кирпич керамический клинкерный для мощения”. Стандарт устанавливает технические требования, правила приемки и методы испытания кирпича.

Клинкерный кирпич используется для устройства тротуаров, садово-парковых дорожек, пешеходных зон и площадей, а также для настила полов балконов, лоджий, террас и др.

Некоторые типовые размеры клинкерной брусчатки, а также предельные допустимые отклонения от них представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Типовые размеры клинкерной брусчатки и предельные допустимые отклонения от них

Формат	Длина, мм		Ширина, мм		Толщина, мм	
	Номинал	Предельное отклонение	Номинал	Предельное отклонение	Номинал	Предельное отклонение
1НФ	250	±2	120	±2	65	±1
0,51НФ	200	±2	100	±2	50	±1

Физико-механические характеристики клинкерного кирпича представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.8.- Физико –механические характеристики клинкерного кирпича

Размер, мм	200х100х50
Вес, кг	2,1-2,4
Класс средней плотности	2
Водопоглощение	менее 2,5%
Морозостойкость	не менее F300
Предел прочности при изгибе	более 8 МПа
Истираемость	не более 0,5 г/см. кв
Кислотостойкость	не менее 95 %

5.6 Полимер-песчаные изделия

Полимер-песчаные камни/плиты изготавливаются из песка и полимерных добавок. Изделия выпускаются по стандартам предприятий -изготовителей. В основном, на рынке представлены плиты размерами в плане 300х300 мм и толщиной (высотой) 35 и 25 мм. Полимер-песчаные изделия могут использоваться для мощения придомовых территорий - пешеходных дорожек и площадок. Достаточного опыта применения таких изделий на городских территориях не имеется. Поэтому, в процессе выбора того или иного вида покрытия, рекомендуется внимательно ознакомиться с технической документацией на изделия, протоколами испытаний, сертификатами и возможностями по их производству в требуемом объеме.

5.7 Сопутствующие изделия

Совместно с мощением могут использоваться сопутствующие изделия:

-доборные камни и плиты (предпочтительно использовать в местах подрезки);

-бортовые камни (гранитные, бетонные), металлические и пластиковые полосы для фиксации краев мощения;

-элементы ливневой системы (открытые и закрытые водосборные лотки, дождеприемники); могут быть выполнены из бетона, пластика или полимербетона в зависимости от назначения территории, где они будут установлены и действующих внешних нагрузок;

-осветительное оборудование, например, лампы со встроенной светодиодной подсветкой в виде элементов мощения;

-системы грязезащиты перед входными группами в здания;

-крышки люков подземных инженерных коммуникаций;

-элементы системы снеготаяния (электрической или водяной);

-пластиковые подставки (шайбы) под бетонные плиты для эксплуатируемых кровель;

-якоря для фиксации плит от смещения при воздействии нагрузки от автотранспорта;

-фиксаторы одинаковой ширины шва (для “зеленых” и дренирующих швов).

Срок службы сопутствующих изделий должен быть равен сроку службы прилегающего покрытия.

6 Оформление поверхности земли средствами мощения

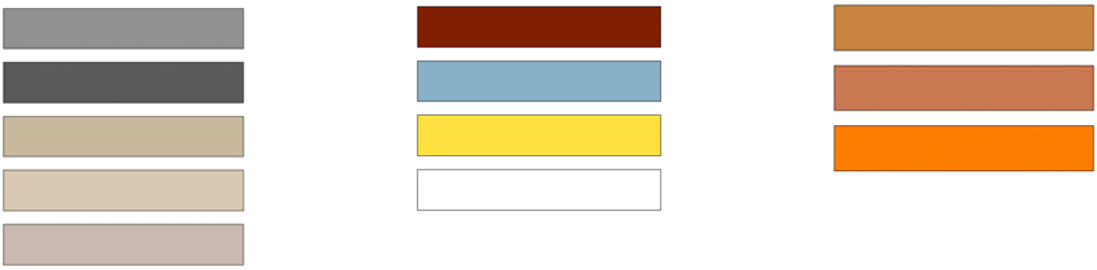
6.1 Колористика мощения

Внешний вид дорожного покрытия определяется размерами и формой камней, размерами и формой швов (см. разделы 7.2 и 7.3), цветом и текстурой поверхности камней.

Благодаря использованию современных приемов мощения, при зрительном восприятии и перемещении по поверхности для человека формируется не только ощущение комфортности среды, но и может создаваться ее определенный зрительный образ. Однако, максимальное наполнение поверхности земли разными цветовыми линиями и фигурами из современной палитры материалов мощения не является главным смыслом ее ландшафтного оформления [13].

При определении цветового решения поверхности земли следует учитывать архитектурную колористку фасадов зданий и сооружений, архитектурно-пространственное единство среды.

Принципиальный дизайн цветов, используемых при проектировании мощения показан на рис.6.1.



а) Цвета, используемые для покрытий пешеходной зоны

б) Цвета, используемые для покрытий интуитивной навигации

в) Цвета, используемые для покрытий велосипедной дорожки

Рис.6.1. Принципиальный дизайн цветов, используемых при проектировании мощения

Из-за острого, в общем случае, угла обозрения размеры камней трудноразличимы, а текстура просматривается только при влажном покрытии. В сухую погоду цветовые различия между камнями близких цветов слаборазличимы. Для обеспечения контрастных эффектов при любой погоде, рекомендуется использовать чередование камней, особенно цветных, с различной лицевой поверхностью (гладкой, текстурной, с различными видами механической обработки); чередование камней различной геометрической формы. Для улучшения сочности цвета (создания эффекта мокрой поверхности) могут применяться специальные составы – гидрофобизаторы, очистители поверхности и грязеотталкивающие жидкости (см. разделы 7.7 и 8.5).

На однотонном мощении особенно четко выделяется любое загрязнение. Поэтому, для объектов, где есть необходимость замаскировать незначительные пятна и следы, которые могут возникнуть от машинных масел, топлива, еды, напитков и т. д. – рекомендуется применять разноцветное мощение.

Для применения мощения в проектах, которые будут проходить оценку по системе LEED (The Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) – в переводе «Лидерство в энергетическом и экологическом проектировании» – является рейтинговой системой для

энергоэффективных и экологически чистых зданий), при выборе цвета лицевой поверхности камней/плит следует учитывать их коэффициент отражения солнечных лучей (SRI) [29]. Коэффициент отражения солнечных лучей является мерой относительного нагрева дорожных покрытий и учитывает поглощенную солнечную энергию и тепло, излучаемое в атмосферу. Коэффициент отражения солнечных лучей не определяется отечественными нормами. С целью снижения потребности в энергии охлаждения зданий и ограничения городского эффекта локального перегрева предпочтительно использовать светлые цвета мощения.

6.2 Формирование доступной среды для маломобильных групп населения средствами мощения

Мощение, за счет возможности комбинации различных цветов и фактур изделий, наиболее оптимальный вид дорожного покрытия для формирования доступной среды для маломобильных групп населения. Дизайн поверхности земли с применением мощения позволяет выполнить зонирование пространства - обозначать пешеходную зону, разделить транспортные и пешеходные потоки.

Из плит/камней мощения могут быть выполнены и обозначены:

- тактильные наземные (дорожные) указатели;
- автомобильные стоянки для инвалидов;
- зоны отдыха инвалидов;
- приподнятые наземные пешеходные переходы;
- входные зоны в здания.

Все плиты/камни дорожного покрытия должны быть плотно подогнаны друг к другу (расстояние между ними не должно превышать 5 мм), а при невозможности – стыки между элементами покрытия должны быть заполнены твердым материалом, например, растворами на основе вяжущих (см. разделы 7.3, 8.3).

Поверхность мощения не должна быть скользкой. Материал поверхности покрытия и его структура должны обеспечивать необходимые сцепные свойства при любых погодных условиях.

Продольный уклон пути движения, по которому возможен проезд инвалидов на креслах-колясках или проход других маломобильных групп населения не должен превышать 5 %. Поперечный уклон пути движения следует принимать в пределах 1-2 %. Уклон при устройстве съездов с тротуара на транспортный проезд должен быть не более 1:12.

Поверхностный сток воды на пешеходных путях должен устраиваться так, чтобы водоприемники и решетки не выходили на пешеходные пути.

На существующих или предполагаемых маршрутах движения инвалидов по зрению следует предусматривать тактильные наземные указатели (направляющие и предупреждающие), технические требования к которым установлены ГОСТ Р 51671 “Средства связи и информации технические общего пользования, доступные для инвалидов” и ГОСТ Р 56305-2014 “Указатели тактильные наземные для инвалидов по зрению. Технические требования”.

Тактильные наземные направляющие указатели представляют собой набор модульных тактильных элементов, с продольными рифами, выполненных в виде непрерывной полосы, составляющей часть поверхности тротуара, пешеходной дорожки или пешеходного перехода, располагаемой вдоль маршрута движения инвалидов и информирующей их о рекомендуемых вариантах направления движения или о наличии наземного пешеходного перехода.

Тактильные наземные предупреждающие указатели представляют собой набор модульных тактильных элементов с конусообразными или квадратными рифами, располагаемых перед подземными и наземными пешеходными переходами и другими препятствиями. Предупреждающие указатели следует размещать не менее чем за 0,8 м до объекта информации, начала опасного участка, изменения направления движения, входа и т. п.

Пример плит/камней мощения с тактильными указателями в виде конусообразных и продольных рифов показаны на рис.6.2. Глубина рифов должна быть 7 мм.

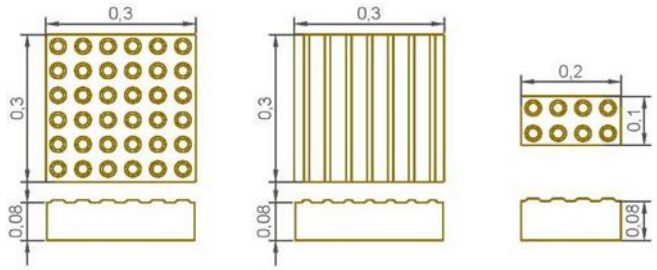


Рисунок 6.2 – Пример плит/камней мощения с тактильными указателями

Дорожные указатели из модульных плит, установленные на тротуаре, должны выступать над его поверхностью не более, чем на 10 мм с плавным переходом, скосом.

Цвет тактильных наземных указателей должен контрастировать с окружающей их поверхностью тротуара (см. рис.6.1, б).

Срок службы указателей должен быть равен сроку службы прилегающего покрытия.

При проектировании тактильных наземных указателей следует предварительно уточнить у предприятий-изготовителей наличие в их ассортименте модульных тактильных элементов и возможности по их производству. Пример размещения тактильных наземных указателей показан на рис. 6.3.

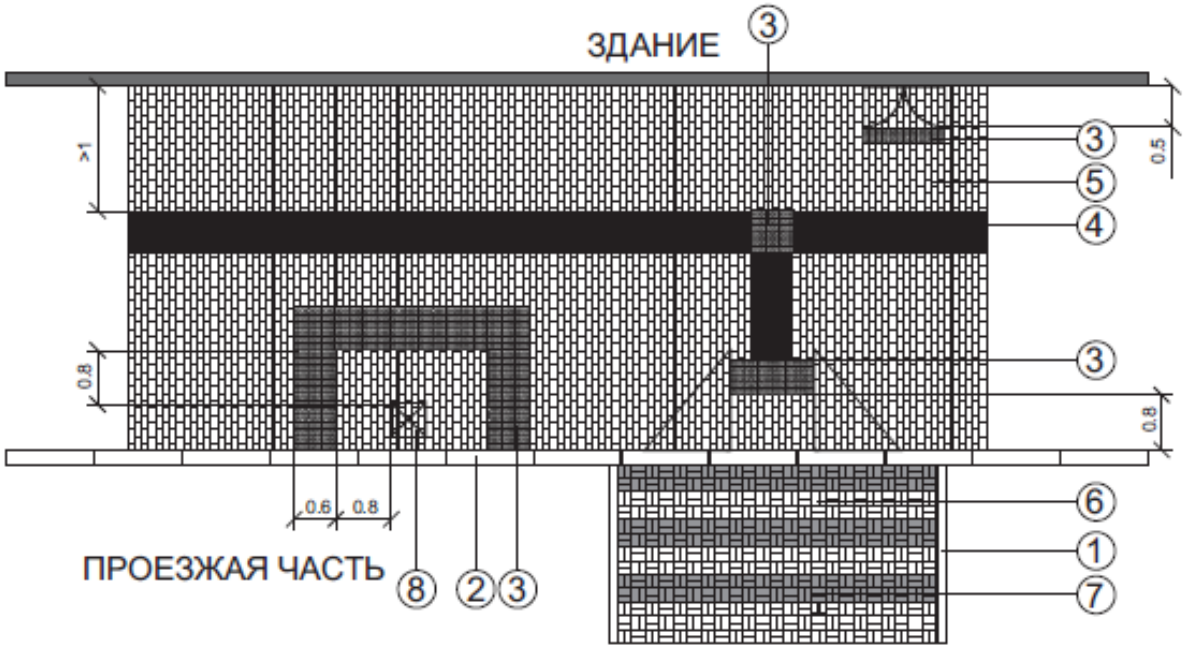


Рисунок 6.3.- Пример размещения тактильных наземных указателей.

1-камень бортовой гранитный, 2- камень бортовой бетонный, 3 – камни/плиты с конусообразными рифами (предупреждающие указатели), 4- камни/плиты с продольными

рифами (направляющие указатели); 5- мощение тротуара; 6- камни мощения белого цвета; 7-камни мощения черного цвета; 8- препятствие.

Размещение автомобильных стоянок (в том числе парковок), оборудованных местами для личных автомобилей инвалидов и определение планировки этих мест, осуществляется по СП 59.13330.2012 “Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения”, СП 35-105-2002 “Реконструкция городской застройки с учетом доступности для инвалидов и других маломобильных групп населения”.

Примеры расположения тактильных наземных указателей приведены в СП 59.13330.2012, ОДМ 218.2.007-2011 (Приложение Б “Типовые схемы размещения и обустройства мест стоянки (парковки) транспортных средств инвалидов”).

При выборе вариантов мощения автомобильных стоянок следует руководствоваться требованиями п. 7.2.3 “Рисунок мощения” настоящего документа, а также следующими положениями:

– наиболее предпочтительная раскладка камней мощения - «елочка 45» вдоль оси парковки;

- высота камней мощения должна быть не менее 80 мм;
- разметка может выполняться с применением контрастных камней мощения красного и белого цвета.

Наземные нерегулируемые пешеходные переходы, согласно ГОСТ Р 52289, должны быть обозначены разметкой по ГОСТ Р51256 и дорожными знаками по ГОСТ Р 52290, а также, обозначены техническими средствами визуальной и/или тактильной информации по ГОСТ Р 51671, ГОСТ Р 51261 и ГОСТ Р 52131.

Приподнятый пешеходный переход — специально устроенное возвышение на проезжей части дороги для принудительного снижения скорости движения, расположенное перпендикулярно оси дороги. Приподнятый пешеходный переход и приподнятую зону перекрестка рекомендуется выполнять на автомобильных дорогах, расположенных вблизи детских и юношеских учебно-воспитательных учреждений, детских площадок, на улицах местного значения, в жилых кварталов городов.

Для мощения следует применять камни толщиной 100 мм. Могут быть использованы камни с зацеплением (криволинейной в плане формы) или прямоугольной формы. При выборе варианта раскладки камней следует руководствоваться требованиями п. 7.2.3 “Рисунок мощения” настоящего документа. В случае применения камней прямоугольной формы — предпочтительная раскладка «ёлочка 45».

В пределах тротуаров, пешеходных дорожек и лестниц могут быть предусмотрены доступные для инвалидов зоны отдыха. Зоны отдыха должны быть выделены с использованием тактильных поверхностей и применением контрастных цветов.

Для устройства дорожных покрытий площадок для отдыха могут быть использованы плиты/камни мощения высотой 50 мм.

Перед входными дверями зданий и сооружений на расстоянии 500 мм на подступающих к ним дорожках оборудуют площадки с покрытием, резко отличающимся от покрытия основной дорожки (ГОСТ Р 56305-2014).

Входная площадка при входах, доступных маломобильным группам населения должна иметь подогрев.

Незрячие, помимо тактильных наземных указателей направляющего назначения могут использовать для ориентации бортовые камни. Помимо помощи в ориентации бортовой камень предотвращает выход незрячего с тротуара. Поэтому, тротуар может быть огражден бортовым камнем. Высоту бортовых камней по краям пешеходных путей на участке рекомендуется принимать не менее 0,05 м.

В местах пересечения пешеходных путей с проезжей частью улиц и дорог высота бортовых камней тротуара не должна превышать 0,015 м.

На пешеходных переходах рекомендуется применять пониженный бортовой камень ярко-желтого или белого цвета. Контрастная окраска помогает ориентироваться инвалидам с дефектами зрения и одновременно указывает инвалидам опорно-двигательного аппарата, передвигающимся на костылях, в инвалидных колясках, места возможного схода-захода на тротуар. Для сохранения долговечности разметки следует использовать бортовые камни, лицевой слой которых выполнен из цветного бетона ярко-желтого или белого цвета.

6.3 Комбинированные и дренирующие покрытия

Комбинированные покрытия представляют собой сочетание плит/камней мощения с газонным покрытием или с природными сыпучими материалами (песок, щебень, песок из отсевов дробления щебня и др.). Для устройства комбинированных покрытий применяются специальные плиты/камни или комплекты камней (рис. 6.4). Помимо изделий из бетона для устройства комбинированных покрытий могут применяться пластиковые газонные решетки.

На площадках с пешеходным движением малой интенсивности или как элемент укрепления допускается устройство покрытий из камней мощения с «зелеными» швами. Эти швы увеличенной ширины предназначены для заполнения смесью, содержащей растительный грунт. При использовании покрытия с «зелеными» швами их ширина назначается проектировщиком. Рекомендуемая ширина таких швов – не менее 50 мм. Для устройства “зеленых” швов могут использоваться специальные фиксаторы (из дерева, пластмассы), которые позволяют соблюдать одинаковую ширину швов при укладке.

Для устройства комбинированных покрытий и “зеленых” швов подойдут травы: устойчивые к неблагоприятным условиям, устойчивые к вытаптыванию, образующие плотную дернину, хорошо переносящие стрижку, образующие качественный зеленый покров (например, овсяница красная с добавлением райграса однолетнего, горец птичий (спорыш), лапчатка травянистая (гусиный лук)).

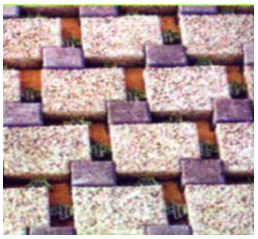
596х396х80 мм

а)

500х500х80 мм

300 х150х80 мм

б)



197х197х80 мм;
97х97х80 мм

в)

Рисунок 6.4. - Плиты/камни для устройства комбинированных покрытий:
а) – плиты; б) газонный камень; в) комплект камней

Для уменьшения нагрузки на канализационную систему, а также для сбора и последующего использования дождевой воды могут быть использованы дренирующие покрытия из камней/плит мощения. Дренирующие дорожные покрытия могут быть выполнены:

1) из специальных решетчатых плит/камней мощения (рис.6.4) с заполнением пустот мелким гранитным щебнем, галькой или песком из отсевов дробления щебня; а также другими мелкозернистыми материалами.

2) из камней/плит с заполнением швов специальными пористыми водопроницаемыми растворами (см. п.7.3).

3) из специальных камней мощения с увеличенными выступами на ребрах (рис.6.5).

Вода после прохождения слоев дорожной одежды с дренирующим покрытием из камней/плит может собираться в дренажном колодце и использоваться для технических нужд.

Комбинированные и дренирующие покрытия используются на участках дорог с пешеходным движением, в местах парковок автотранспорта или на дорогах с небольшой интенсивностью движения автотранспорта.

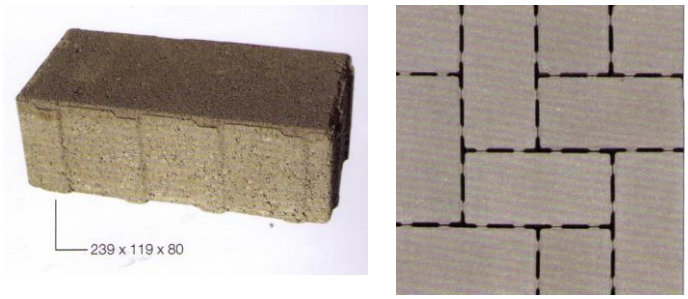


Рисунок 6.5. - Камень мощения для устройства дорожных покрытий с дренирующими швами: общий вид и раскладка в дорожном покрытии

7 Проектирование дорожных одежд с покрытиями из камней/плит мощения и клинкера

7.1 Связанные и несвязанные покрытия

Дорожная одежда с покрытием из камней/плит мощения состоит из слоев основания и покрытия (рис.7.1). Минимальные толщины слоев основания приведены в табл. 7.1. Дорожное покрытие из камней/плит мощения включает: собственно камни или плиты мощения; подстилающий слой; материал заполнения швов между камнями.

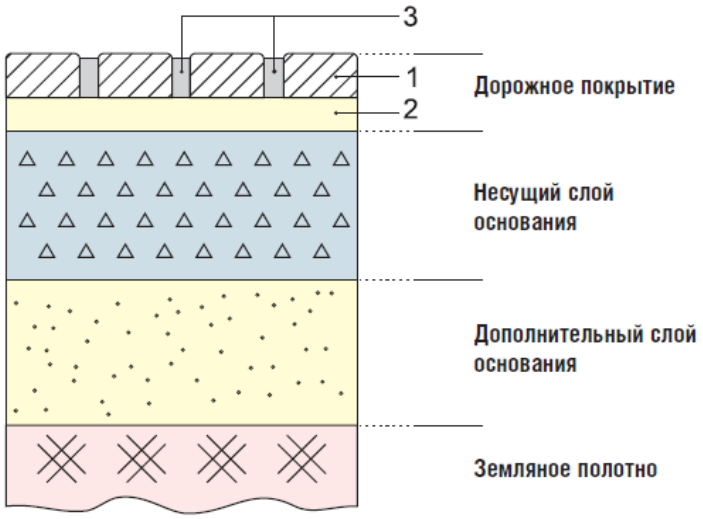


Рисунок 7.1. - Принципиальная схема дорожной одежды с покрытием из камней/плит

мощения: 1 -камни/плиты мощения, 2 – подстилающий слой; 3-материал заполнения швов.

Таблица 7.1 - Минимальные толщины слоев основания

Наименование материала слоя	Минимальная толщина слоя, см,
Щебень и гравий, не обработанные вяжущим и уложенные: - на песчаное основание - на укрепленное каменное основание	 15 8…10
Песок	20
Примечания**:** 1. Большие из значений толщины даны для тротуаров магистральных дорог и улиц. 2. Толщина слоя должна превышать размер наиболее крупных частиц каменных материалов не менее, чем в 1,5 раза (кроме щебня с пропиткой). 3. Толщина слоя из песка может быть уменьшена для дорожных одежд со связанными покрытиями с заполнением швов водонепроницаемыми растворами (см. табл. 7.2 (а)) до 10-15 см.	

Особенность мощения и его отличие от других видов дорожных покрытий - наличие большого количества мелкоштучных элементов, связанных между собой посредством материала заполнителя в швах. От исполнения и состояния швов зависит работоспособность, долговечность и эстетический вид всего покрытия. Это следует учитывать при проектировании, строительстве и эксплуатации мощеных покрытий.

Дорожные покрытия из камней/плит мощения, в зависимости от применяемых для их устройства материалов, могут быть связанными и несвязанными (табл. 7.2 (а), рис. 7.2).

Таблица 7.2 (а) - Классификация дорожных покрытий из камней/плит мощения

Элемент конструкции дорожного покрытия/ дорожной одежды	Дорожные покрытия из камней/плит			
	Связанные			Несвязанные (нежесткие)
	Жесткие	Частично жесткие (полужесткие)		
Заполнение швов	Водопроницаемые или водонепроницаемые растворы *(СТО 93688437-001-2015)*	Водопроницаемые растворы *(СТО 93688437-001-2015)*	Водопроницаемые растворы *(СТО 93688437-001-2015)*	Песок, песок обработанный стабилизатором

Подстилающий слой	Дренажный раствор *(СТО 93688437-001-2015)*	Дренажный раствор *(СТО 93688437-001-2015)*	Песок, песок из отсевов дробления *(по ГОСТ 8736-93)*	Песок, песок из отсевов дробления *(по ГОСТ 8736-93)*
Несущий слой	Дренажный раствор на основе вяжущих, цементобетон, монолитный железобетон	Щебень или гравий *(по ГОСТ 8267-93)*	Щебень или гравий *(по ГОСТ 8267-93)*	Щебень или гравий *(по ГОСТ 8267-93)*

В несвязанных (нежестких) дорожных покрытиях (рис.7.2, а) камни или плиты укладываются на подстилающий слой, выполненный из песка, песка с небольшим содержанием цемента (только для естественных каменных материалов) или песка из отсевов дробления (гранитного отсева).

Для заполнения швов в мощении из бетонных камней/плит или клинкера также применяется песок. Иногда, особенно при устройстве мощения из природных материалов песок укрепляют небольшим количеством цемента.

Преимуществом несвязанных дорожных покрытий являются:

– высокая ремонтопригодность (элемент мощения может быть легко извлечен из покрытия, установлен обратно или заменен на новый);

– небольшая стоимость первоначального устройства (по сравнению со связанными покрытиями).

Недостатком таких покрытий является большое количество швов, которые нуждаются в постоянном уходе. При строительстве и эксплуатации, всегда надо стремиться, чтобы швы были заполнены материалом заполнителя. При незаполненных швах значительно снижается прочность покрытия, а также ухудшаются его санитарно-гигиенические показатели; по такому покрытию не удобно ходить. В швах могут прорастать трава, сорняки, заводиться насекомые.

Песок в швах может быть обработан стабилизатором песка, который предотвращает его эрозию (выветривание, вымывание), рост сорняков в швах, уменьшает водопроницаемость. Применение стабилизатора песка значительно улучшает показатели дорожных покрытий. Стабилизаторы песка пока не получили широкого распространения в России.

В несвязанных конструкциях, с точки зрения прочности покрытия, важное значение играют размеры и расположение элементов (рисунок мощения).

Несвязанные конструкции рекомендуется применять при мощении искусственными (бетонными) камнями и плитами.

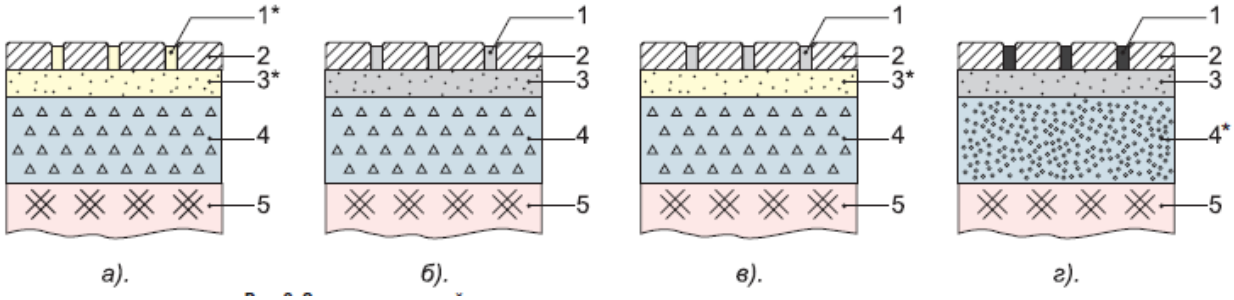


Рисунок 7.2 - Схемы конструкций дорожных одежд со связанными и несвязанными покрытиями.

а) — нежесткая конструкция с несвязанным покрытием. б) и в) - частично жесткая конструкция со связанным покрытием; г) жесткая конструкция со связанным покрытием; 1- швы, заполненные раствором на основе вяжущих; 1* - швы, заполненные песком; 2- камни/плиты мощения; 3-подстилающий слой из раствора на основе вяжущих; 3* - подстилающий слой из песка; 4- несущий слой; 4* - несущий слой из дренажного раствора, 5 – земляное полотно.

Связанные дорожные покрытия (рис. 7.2 б, в, г) выполняются с использование растворов на основе вяжущих.

Растворы на основе вяжущих — растворы на основе трассово-цементных, полимерных вяжущих или вяжущих из синтетических смол. Растворы применяются для заполнения швов между элементами мощения и устройства подстилающего слоя.

Связанные дорожные покрытия могут быть жесткими или частично жесткими (полужесткими).

В жестких конструкциях подстилающий слой и заполнение швов между камнями выполняется с применением растворов на основе вяжущих. Подстилающий слой всегда выполняется из дренажного (водопроницаемого) раствора. Швы могут быть заполнены водопроницаемыми или водонепроницаемыми растворами.

В полужестких конструкциях элементы мощения укладываются на песчаный подстилающий слой, а швы заполняются растворами.

Преимущества связанных покрытий:

– стабильность швов;

– возможность дизайна покрытия за счет выбора цвета раствора для швов и мощения;

– прочность за счет применения растворов на основе вяжущих;

– применение растворов компенсирует дефекты мощения (увеличенные швы, неправильную раскладку и т. д.);

– возможность уборки покрытия уличными пылесосами и мойки под высоким давлением.

Недостатки:

– низкая ремонтопригодность (повторное использование извлеченных элементов покрытия, как правило, невозможно);

– высокая стоимость первоначального устройства.

В связанных конструкциях размер элемента и рисунок мощения не имеет важного значения для обеспечения прочности покрытия.

Связанные покрытия из камней мощения рекомендуется применять совместно камнями и плитами из естественных каменных материалов, а также клинкером при мощении [27]:

– Пешеходных зон и площадей с оригинальным оформлением (из-за того, что они более удобны при очистке и не образуют пыли). Так как в швах не может накапливаться грязь, покрытие связанной конструкции выглядит наиболее привлекательным на протяжении всего срока эксплуатации. Швы, заполненные материалом с использованием вяжущих, делают хождение по покрытию более удобным, особенно в женских туфлях на тонких каблуках (шпильках).

– Транспортных проездов (въездов), с целью повышения их прочности и увеличения сроков службы.

Наряду с пешеходными зонами и проездами связанные покрытия используется в следующих особых условиях [27]:

- площади, которые часто подвергаются интенсивной очистке, а именно с помощью струи воды, подметальными машинами с пылесосами или ручной метлой с приложением больших усилий

- в зонах под крышами, так как материал для заполнения швов без использования вяжущих пересыхает и образует пыль,

- зоны, подверженные сильному воздействию воды, и расположенные на улице производственные площади,

– набережные с парапетами и спусками, где возможно превышение уровня воды и размыв швов и мощения;

– водосточные желоба, так как большое количество воды размоет швы, заполненные материалом без использования вяжущих, даже при обычных уклонах,

– бесчашные фонтаны, так как вода может размывать швы и подстилающий слой.

– поверхности с уклоном более 10%, так как ливень размывает швы, заполненные материалом без использования вяжущих;

– покрытия из камней мощения в сочетании с плитами, особенно при воздействии нагрузок от автотранспорта. Плиты и камни имеют различную деформацию в покрытии от нагрузки. Использование растворов позволяет нивелировать такие деформации.

В рабочей документации по устройству покрытий из плит/камней мощения должно быть:

- раскладка камней мощения (рисунок мощения); в том числе, в местах примыканий, обрамлений люков и т. п.

- указаны материалы для каждого конструктивного слоя дорожной одежды, в том числе материалы для заполнения швов в покрытии;

-при необходимости приведены мероприятия по улучшению эксплуатационных свойств покрытий (п.7.7).

7.2 Дорожные одежды с несвязанными покрытиями из искусственных, натуральных камней/плит и клинкера (традиционные конструкции)

7.2.1 Назначение размеров камней/плит мощения и клинкера

Форма, размеры и раскладка камней/плит мощения оказывают влияние на такие эксплуатационные показатели дорожной одежды как прочность и ровность покрытия.

Размеры камней/плит мощения и клинкерного кирпича (клинкера) определяются проектом строительства или ремонта покрытия.

Высота камней и клинкера выбирается с учетом следующих рекомендаций:

1) минимальная высота камней мощения и клинкера дорожных покрытий основных пешеходных коммуникаций и общественных пространств – 80 мм;

2) минимальная высота камней мощения и клинкера дорожных покрытий второстепенных ипешеходных коммуникаций – 50 мм.

3) минимальная высота камней мощения и клинкера на внутриквартальных проездах, рассчитанных на движение автомобилей с нагрузкой на ось не более 6 тонн (нормативная нагрузка А6 по ГОСТ Р 52748 “Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения”) – 80 мм.

4) минимальная высота камней мощения и клинкера на внутриквартальных проездах, рассчитанных на движение автомобилей с нагрузкой на ось более 6 тонн (нормативная нагрузка - А10; А11, 5 (по ГОСТ Р 52748 “Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения”) или А1, А2, А3 (по ОДН 218.046-01 “Проектирование нежестких дорожных одежд”) – 100 мм.

Высота бетонных плит определяется исходя из расчетов на прочность [3] (см. п.7.8). Допустимая толщина плит независимо от результатов расчета не должна быть меньше указанной в таблице 7.2(б) [30].

Высота камней/плит и клинкерного кирпича может быть пересмотрена при условии дополнительного обоснования для каждого конкретного случая применения мощения с учетом особенностей объекта, интенсивности и состава движения, опыта строительства и эксплуатации аналогичных участков мощения.

При проектировании покрытий, составленных из камней различной конфигурации и размеров, во избежание риска поломок, следует избегать применения камней более чем в 2 раза различающимися размерами в плане.

Для дорожных покрытий транспортных проездов предпочтительно применять камни мощения, так как возникающие в них изгибающие моменты от действия внешних нагрузок значительно меньше, чем в плитах.

При проектировании тротуара, с целью уменьшения пиленых стыков, необходимо стремиться к тому, чтобы ширина покрытия была равна расчетному, с учетом ширины швов, размеру в плане камня мощения. С другой стороны, проектная ширина покрытия должна приниматься во внимании при выборе изготовителя и выдаче заказа на изготовление камней мощения. Всегда следует предпочитать ширину покрытия кратной 1 м [16].

Важное практическое значение имеет использование для дорожных покрытий плит и камней одного вида, что в наибольшей степени отвечает условиям индустриализации строительства с применением наименьшего количества типоразмеров. В этом случае значительно облегчается последующий ремонт покрытия, связанный с заменой поврежденных камней/плит на новые.

Таблица 7.2.(б) – Минимально допустимая толщина плит.

Характеристика транспортной нагрузки	Материал основания дорожной одежды	Минимально допустимая толщина плит при величине их наибольшего размера в плане, мм				
		500	Св. 400 до 450 включ.	Св. 350 до 400 включ.	Св. 300 до 350 включ.	До 300 включ.
Одиночные автомобили с нагрузкой на ось 10 тонн	Смеси щебеночно-гравийно-песчаные Смеси щебеночно-песчаные, гравийно-песчаные, щебеночно-гравийно-песчаные и пески, укрепленные неорганическими вяжущими Щебень фракционированный, обработанный не на полную глубину в соответствии со СНиП	100	90	80	70	60

	пескоцементной смесью Бетон класса В15					
Одиночные автомобили с нагрузкой на ось 6 тонн	Смеси щебеночно-гравийно-песчаные Смеси щебеночно-песчаные шлаковые Смеси щебеночно-песчаные, гравийно-песчаные, щебеночно-гравийно-песчаные и пески, укрепленные неорганическими вяжущими	70	60	50	50	50
	Песок	80	70	60	60	50
Отсутствие транспортной нагрузки	Песок	50	50	50	50	50

7.2.2 Формы камней/плит

При выборе формы плит/камней мощения следует учесть следующее:

1) Восьмиугольные, шестиугольные и квадратные камни (элементы мощения без горизонтальной связи) обладают максимальным сопротивлением внешним воздействиям от автомобильного движения. Камни таких форм наиболее целесообразны с точки зрения минимальной протяженности швов в покрытии [5].

2) Фигурные элементы мощения (с горизонтальной (в плане) связью) лучше перераспределяют силы скольжения и качения по поверхности дорожного покрытия, чем значительно снижают нагрузку на основание. Дорожное покрытие из них обладает максимальной устойчивостью к сдвигу. Поэтому, рекомендуется применение фигурных камней мощения на участках дорог с уклоном местности и на участках дорог с автомобильным движением.

Примеры форм бетонных камней с горизонтальной связью и без неё показаны на рис.7.3.

Следует учитывать, что конструкция (форма) камня может защищаться патентным правом, поэтому при выборе конструкции камня необходимо избегать нарушения патентного законодательства.

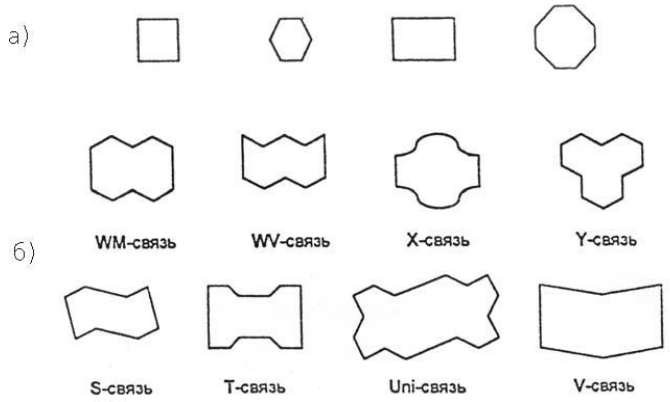


Рисунок 7.3 –Виды искусственных камней мощения
а) без горизонтальной связи, б) с горизонтальной связью

7.2.3 Рисунок мощения

Раскладка камней/плит мощения и клинкерного кирпича имеет большое значение в дорожном покрытии, особенно при автомобильном движении, когда важно обеспечить прочность, ровность и равномерный износ дорожного покрытия. С этой точки зрения, рекомендуется вести укладку камней мощения под углом 45^{o} к оси движения автотранспорта, чтобы все места стыков камней подвергались примерно одинаковому износу, а в контакте с колесом находилось максимальное количество элементов мощения (см. рис. 7.4). Такая раскладка также уменьшает износ автомобильных покрышек и уменьшает шум от движения автомобилей. В местах, где нагрузки от транспорта незначительны, возможно использование разнообразных вариантов рисунков мощения.

НЕ ПРАВИЛЬНО!

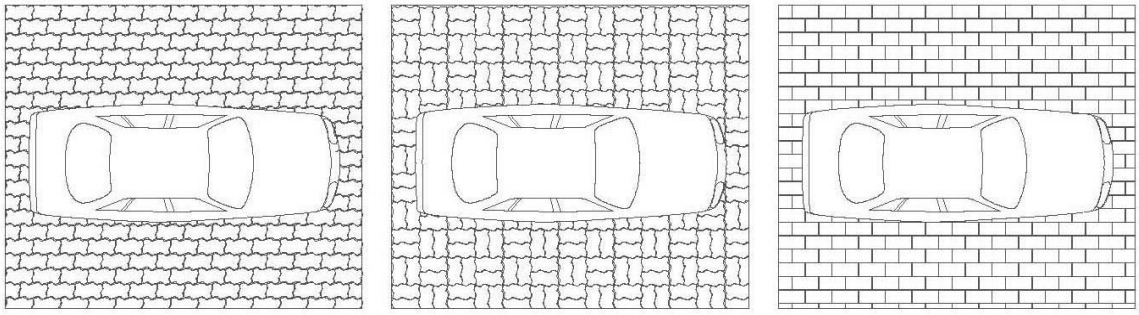


Рисунок 7.4 – Неправильная раскладка камней/плит в дорожном покрытии
Продольная ось мощения совпадает с направлением движения автомобиля. В контакте с колесом автомобиля находится строго определенное количество рядов камней. Вероятно образование колеи и износа, например, по направлению въезда в арку, на стоянку и т. п.

ПРАВИЛЬНО!

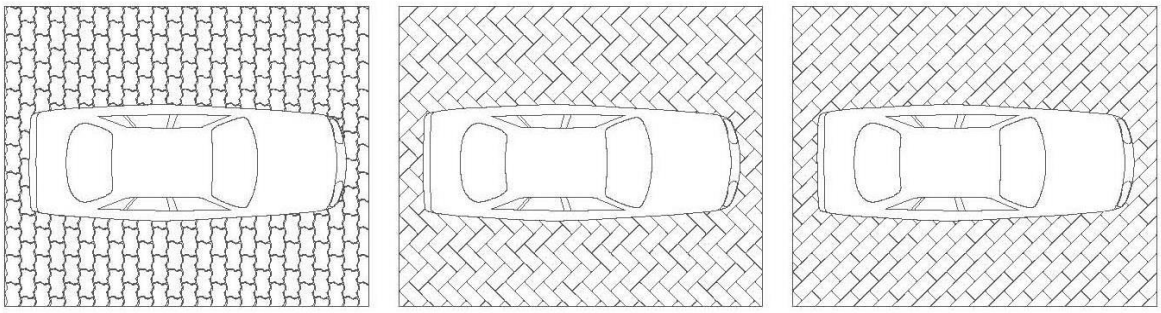


Рисунок 7.4 – Правильная раскладка камней мощения в дорожном покрытии
В контакте с колесом автомобиля находится большое количество камней мощения. Нагрузка распределяется на более широкую площадь. Вероятность образования колеи уменьшается

В проектной документации следует обязательно обозначать раскладку камней мощения в покрытии. Варианты раскладок камней мощения представлены на рис. 7.5 [28].

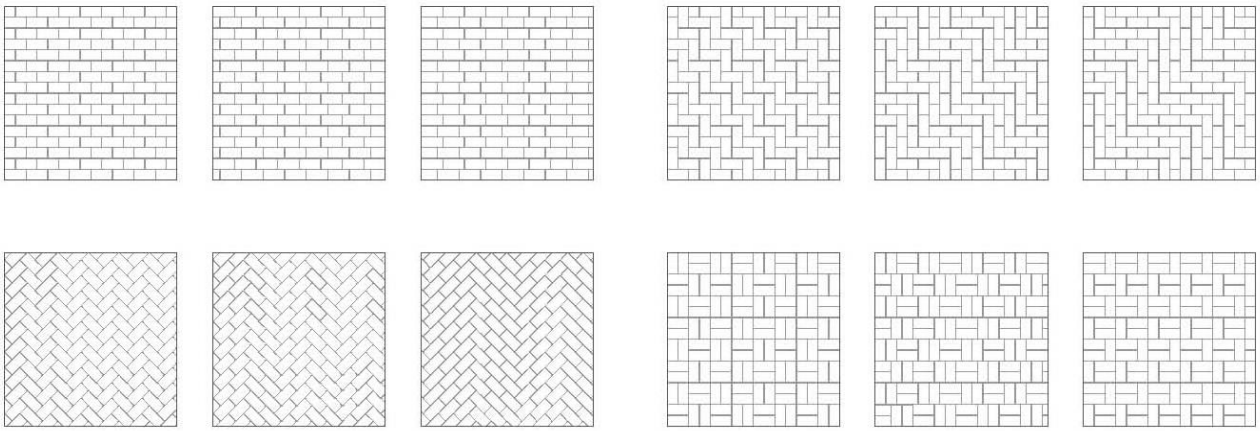


Рисунок 7.5 (а) - Варианты раскладок камней мощения (слева-направо, сверху-вниз) “ложковая” укладка, “ложковая” укладка со смещением на одну треть, “ложковая кладка“ со смещением на одну четверть, “ёлочка 90^0” , “двойная ёлочка 90^0”, “тройная ёлочка 90^0”, “ёлочка 45^0”, “двойная ёлочка 45^0”, “тройная ёлочка 45^0”, укладка в шахматном порядке, укладка в шахматном порядке со смещением

Из всех вариантов раскладок - «ёлочка» обладает самой высокой степенью заклинки камней относительно друг друга. Поэтому, именно ее можно рекомендовать, главным образом, для подъездных дорог и площадок, где есть автомобильное движение. В случае применения камней мощения различного цвета, эта раскладка дает самый насыщенный по цвету рисунок. Следует отметить, что «ёлочка» один из самых сложных рисунков для мощения.

Мощение «ёлочка 45^0» выглядит более профессиональным и является предпочтительным для большинства объектов. Для достижения лучшего результата надо, чтобы орнамент рисунка относительно входа в объект недвижимости или въезда на территорию располагался продольно (в длину), нежели в поперечном направлении, в противном случае рисунок может оказаться плохо различимым.

«Ложковая» укладка — выглядит слишком просто в случае применения «брусчатки» одного цвета и имеет меньшую степень заклинки камней в дорожном покрытии. Такое мощение оптимально подходит для комбинации камней с гладкой и фактурной лицевой поверхностью.

Ряды мощения при «ложковой» укладки должны проходить в поперечном направлении относительно движения автотранспорта. При мощении входных зон в объекты недвижимости, лучше располагать ряды параллельно входу.

Мощение «в шахматном порядке» – самый «бледный» рисунок из всех трех. Он лучше всего подходит для внутренних дворов, дорожек, и других участков без движения автомобильного транспорта.

Необходимо заблаговременно увязывать форму, размеры и раскладку камней с конкретным участком для мощения с целью уменьшения пиленых стыков.

Предпочтительно использовать доборные камни и плиты с целью уменьшения работ по подрезке или колке изделий на месте строительства, которые как правило сопровождаются загрязнением окружающей среды и шумом (рис. 7.6).

Переломы плоскостей в тротуаре в зоне въездов, перекрестков и т. д., могут быть совмещены со швами в покрытии.

Различные типы камней/плит часто не согласуются между собой габаритами и формой. На границе их стыков можно использовать бортовой камень, натуральные колотые или пиленые камни, булыжник (см. раздел 7.5).

На стадии проектирования должен быть определен способ укладки покрытия – ручной или механизированный. Механизированная укладка (см. раздел 8.3.1), как правило

используется при мощении больших, протяженных территорий с однотипным рисунком мощения. Не все формы плит/камней могут использоваться для механизированной укладки. В последнем случае должны применяться повышенные требования к конструкции и точности изготовления камней мощения. В частности, разброс по толщине камней не должен превышать 2,0 мм; рекомендуется применять камни с выступами. [16].

7.2.4 Заполнение швов

Плиты/камни в дорожном покрытии несвязанной конструкции не имеют между собой жестких связей. Плиты/камни удерживаются в покрытии посредством трения между боковыми гранями, которое передается песком, находящимся в швах между ними, и позволяет им замкнуться и распределить вертикальные нагрузки на более широкую зону, чем зона приложения нагрузки. Масса каждого элемента (плиты, камня) в отдельности по отношению к нагрузке даже от самого легкого автомобиля настолько мала, что они могут быть устойчивыми в покрытии только благодаря взаимному влиянию друг на друга. Поэтому, особенно большое влияние на совместность работы блоков в покрытии имеют величина, характер и полнота заполнения швов.

В качестве материала заполнителя швов в дорожных покрытиях из искусственных плит/камней могут применяться:

-мелкий песок по ГОСТ 8736;

-мелкий песок, с последующей обработкой составами на основе полиуретана (стабилизаторами песка).

Песок со временем вымывается из швов, засасывается уличными пылесосами при уборке территорий, выносится из швов под действием пешеходного или автомобильного движения. Стабилизаторы песка предотвращают эрозию песка из швов.

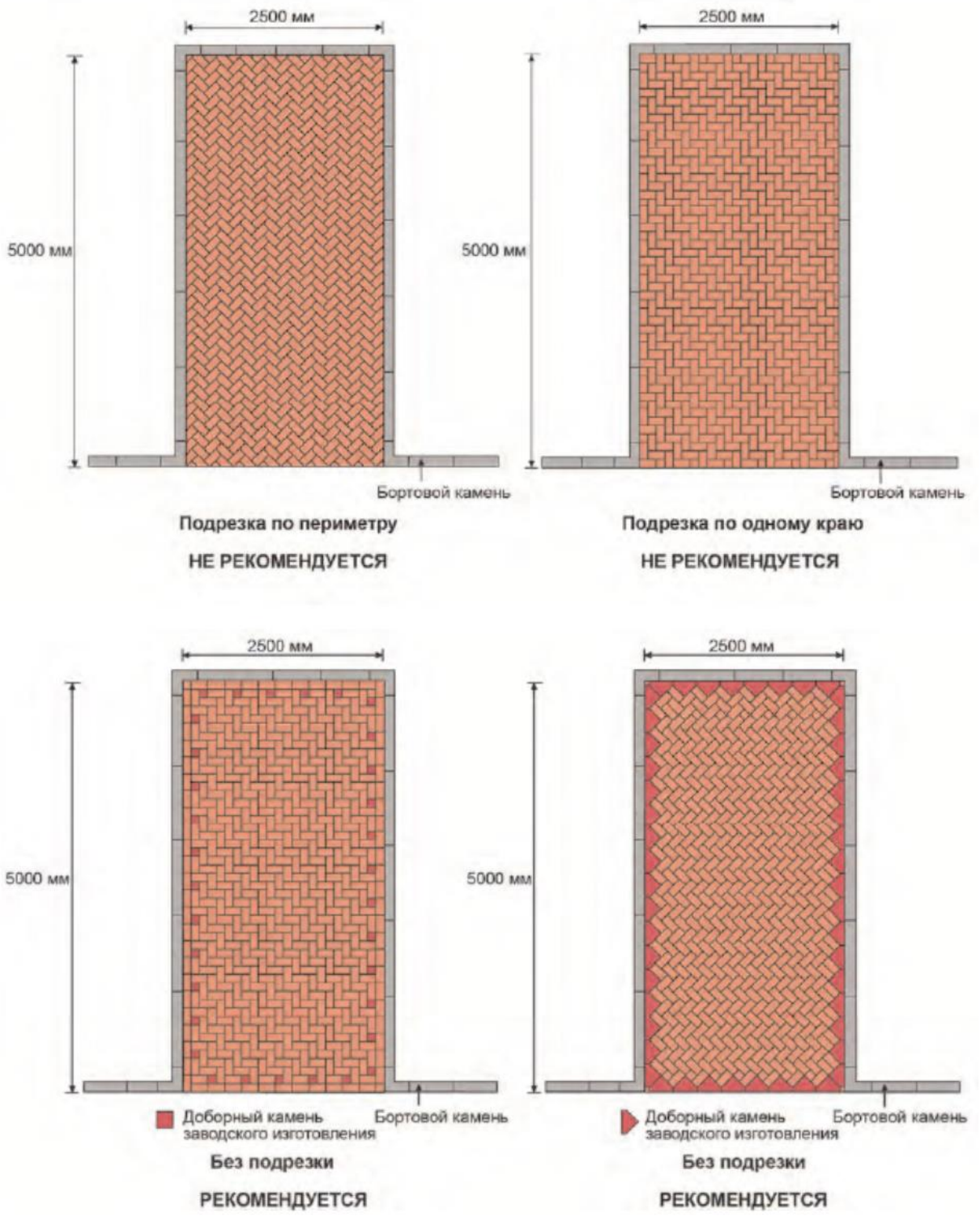


Рисунок 7.5(б). - Пример раскладки камней мощения.

Не следует применять для заполнения швов сухую песчано-цементную смесь. Никаких преимуществ перед засыпкой швов одним песком этот способ не дает.

При проектировании покрытия площадок, на которое возможно попадание горючесмазочных материалов в значительных количествах и эксплуатируемых кровель следует предусматривать заполнение швов песком, с последующей обработкой полимерными составами (стабилизаторами), которые снижают проницаемость песка (см. разделы 7.7 и 8.5).

Как правило, искусственные камни изготовляются с выступами на боковых гранях для обеспечения минимальной ширины шва. Расчетную ширину швов между искусственными камнями/плитами следует применять равной 4 мм. Ширина дренирующих и “зеленых” швов устанавливается проектом. Рекомендуемая ширина дренирующих швов 15 мм, “зеленых” – не менее 50 мм.

Следует помнить, что увеличение количества швов вызывает ухудшение условий эксплуатации дорожных покрытий. Поэтому следует стремиться к уменьшению количества и протяженности швов. Это может достигаться выбором форм камней мощения (см. п. 7.2.2).

Объем материала для заполнения швов в покрытии приближенно можно определить по формуле [21]:

$$Р = № \times П \times h_{ик} \times 0,3,$$

где Р – расход материала м3 на 100 м2;
№ – число камней на 1 м2;
П – периметр в плане камня основного размера, м;
hик – высота камня.

.

7.3 Дорожные одежды со связанными покрытиями из натуральных камней/плит мощения и клинкера (с использованием растворов на основе вяжущих)

7.3.1 Растворы на основе вяжущих для устройства связанных покрытий

В конструкциях связанных дорожных покрытий используются растворы на основе цементных вяжущих, а также вяжущих их синтетических смол.

Как правило, растворы дополняют друг друга и образуют комплексную систему для устройства дорожного покрытия (табл.7.6).

Таблица 7.6 - Система мощения с применением растворов на основе вяжущих

Подстилающий слой	Швы в покрытии	
Дренирующий (дренажный) бетон (раствор)	Водопроницаемые растворы	Водонепроницаемые растворы
Примечание: для лучшего сцепления основания камней/плит и клинкера с подстилающим слоем используются адгезионные растворы.		

Для устройства подстилающего слоя, во всех случаях, применяются водопроницаемые (дренажные) растворы. Для улучшения сцепных свойств элементов мощения с подстилающим слоем используются адгезионные составы.

Растворы для заполнения швов могут быть водопроницаемые или водонепроницаемые. Водопроницаемые растворы для заполнения швов (вяжущее - реактивные смолы на основе эпоксидной смолы) отличаются пористой структурой, через которую жидкость свободно проходит в нижележащие слои. Водопроницаемые растворы (вяжущее - цемент) могут быть песочного, каменно-серого или цвета базальт;

водонепроницаемые – серого, светло-серого, антрацида или бежевого цвета. Применение шовного раствора определенного цвета в сочетании с камнями/плитами позволяет получить определенный эстетический эффект. Растворы обеспечивают надежную фиксацию камней/плит в покрытии и долговечное твердое заполнение швов различных размеров (от 3 мм до 50 мм).

7.3.2 Требования к конструкции

Конструкция дорожного покрытия с применением растворов назначается исходя из применяемого для мощения материала (вид, форма и размеры), нагрузок, имеющего основания и функциональной задачи мощения.

В связанных конструкциях размер элемента и рисунок мощения не имеет значения для обеспечения прочности покрытия.

При назначении конструкций дорожных одежд со связанными покрытиями, предлагается использовать имеющийся зарубежный опыт [4,10,27].

1) Категории использования покрытий (см. табл.7.7). Категории использования покрытий определяют параметры нагрузки и интенсивность ее воздействия. Эти данные могут быть уточнены в ходе дополнительного анализа и обработки фактических данных по составу и интенсивности движения.

Таблица 7.7 - Категории дорожных покрытий

Категория использования	Назначение покрытий
N 1	Покрытия, предназначенные для хождения пешеходов и не предназначенные для заезда грузового транспорта, за пределами проезжей части (например: террасы, садовые дорожки, дорожки на придомовых территориях, площадки в парках).
N 2	Покрытия, на которое допустим заезд транспортных средств с полной массой до 3,5 тонн, расположенные за пределами проезжей части (например, гаражные въезды, парковки для легковых автомобилей).
N 3	Покрытия, на которые допустим заезд транспортных средств с полной массой до 20 т, с осевой нагрузкой меньшей или равной 5 т/ось, расположенные за пределами проезжей части (например, проезды для технического обслуживания и ремонта, эвакуации, а также пожарные проезды, проезды к гаражам и зданиям).

В зависимости от категории использования дорожного покрытия назначается толщины подстилающих слоев, определяются требования к конструкционным материалам.

1) Минимальная толщина дорожной одежды**.**

Нагрузка	Минимальная толщина, см
1	27-30
2	30-50
3	32-50
Примечания: 1) При использовании несущих слоев с применением вяжущих минимальная толщина дорожной одежды может быть уменьшена на величину от 5 до 10 см. 2) При использовании щебеночного или морозозащитного слоя в качестве верхнего несущего слоя толщину дорожной одежды необходимо увеличить на 5 см. 3) Увеличение толщины для климатических зон, с воздействием мороза от 5 до 15 см.	

2) Требования к жестким дорожным покрытиям.

Жесткие дорожные покрытия устраиваются на основании из цементобетона, монолитного железобетона и из дренирующих растворов.

Для таких конструкций допустимыми являются все категории использования покрытий N1, N2 и N3.

Толщина подстилающего слоя при устройстве покрытия на жестком основании	4-6 см

Толщина несущего слоя, выполненных из дренирующих бетонов.

Категория использования	Толщина несущего слоя
N1	больше или равно 100 мм
N2 и N3	больше или равно 150 мм.

Примечание: в России пока такие конструкции не распространены. В качестве несущих слоев, как правило, применяется щебень.

– Требования к полужестким дорожным покрытиям на щебеночном или гравийном основании, подстилающий слой и швы которых выполнены с применением растворов на основе вяжущих.

Для таких конструкций допустимыми являются категории использования N1 и N2.

Толщина подстилающего слоя для дорожных покрытий, устраиваемых на щебеночном и гравийном основании

Толщина подстилающего слоя для категории использования: - N1 - N2	 Больше или равно 6 см Больше или равно 10 см

– Требования к полужестким дорожным покрытиям, у которых только швы выполнены с применением растворов на основе вяжущих.

Категория использования	N1

6) Требования к швам для всех вариантов конструкций

Ширина швов:	

- между элементами мощения и плитами длиной до 600 мм; - между плитами длиной большей или равной 600 мм;	5..15 10...15

В смешанной конструкции (частично жесткой конструкции, см. рис. 2, в) с несвязанным подстилающим слоем не разрешается применять материалы на гидравлических вяжущих, т. е. швы должны быть заполнены водопроницаемым раствором.

7) При связанной конструкции толщина плит мощения может быть уменьшена.

8) Во всех конструкциях, для максимального эффекта сцепления между поверхностью несущего слоя и подстилающего слоя, выполненного с использованием вяжущих, а также с целью уменьшения деформативности дорожного покрытия следует отказаться от геосинтетического полотна поверх несущего слоя.

9) В случае устройства покрытия на бетонное основание следует обеспечить водоотвод с основания в строну дренажных устройств.

7.4 Деформационные и температурные швы

В мощеных дорожных покрытиях могут предусматриваться температурные и деформационные швы. Основные критерии для выбора конструкций швов, применяемых в мощении: ширина шва, ожидаемые горизонтальные изменения ширины шва, ожидаемые вертикальные сдвиги, водонепроницаемость или водопроницаемость, стойкость конструкции к агрессивным средам, интенсивность нагрузок.

Описание температурных и деформационных швов содержится в табл.7.8.

Деформационные швы обязательно выполняются над швами в несущей конструкции и основании. Задачей температурных швов является восприятие перемещений, прилегающих с обеих сторон поверхностей, вызванных изменением температуры, и одновременно обеспечение достаточной опоры для этих поверхностей. Если в несущем слое имеются надрезы или швы, то они должны быть продолжены до верхнего слоя покрытия из камней/плит мощения.

При устройстве деформационных и температурных швов необходимо стремиться, что бы они не нарушали эстетический вид покрытия. Для их устройства могут использоваться готовые профили. Деформационные и температурные швы требуют контроля и ухода. Эти швы следует регулярно осматривать и при необходимости обновлять.

Температурные швы, как правило, не устраиваются в несвязанных покрытиях. Поэтому, дальнейшие рекомендации относятся к связанным покрытиям, выполненных с применением растворов на основе вяжущих.

В связанных покрытиях температурные напряжения в зависимости от материалов, используемых при изготовлении покрытия и применяемого раствора для заполнения швов, могут проявлять себя по-разному. В зависимости от породы камня при встречающихся в реальности разности температур свободное изменение длины плит может составлять, например, для гранита от 0,5 мм/м. Трещины в связанных покрытиях в результате температурных колебаний являются неизбежными, поэтому сами по себе такие трещины не рассматриваются как технический дефект.

Таблица 7.8 - Швы в дорожных покрытиях из камней и плит мощения

Температурные швы	Деформационные швы
Нет вертикальных перемещений, возможны небольшие изменения ширины шва, не требуется обеспечить водонепроницаемость шва	Вертикальные перемещения; возможны изменения ширины шва; могут быть водопроницаемые или водонепроницаемые
Конструкции подбираются исходя из: способов монтажа, высоты примыкающих элементов мощения.	Конструкции подбираются исходя из: способа монтажа; величины вертикальных перемещений; величины горизонтальных перемещений, высоты примыкающей плитки; интенсивности нагрузок, агрессивности воздействий

Для уменьшения растрескивания вследствие внутренних напряжений мощеные покрытия делят на участки определенных размеров. Расстояние между температурными швами, в зависимости от породы камня, размеров элементов и типа заполнения швов, может составлять от 5 до 18 м. Если в покрытии имеется сужение (например, сужение дороги или наличие встроенного элемента), то в самом узком месте должен быть расположен деформационный шов. Однако, деление на участки, в принципе, не может полностью предотвратить возникновение трещин вследствие внутренних напряжений.

Температурные швы должны быть расположены около выступающих встроенных элементов, таких как бордюры, фасады, стены из каменной кладки, и прочих конструкций, ограничивающих покрытие по краю. В этих температурных швах, по которым отсутствует движение транспорта, могут восприниматься перемещения большей величины, чем в температурных швах, по которым осуществляется движение транспорта.

Также температурные швы должны быть расположены по линиям примыкания к покрытиям нежесткой конструкции. Если в покрытии жесткой конструкции выполняются желоба (водостоки) или участки примыкают к протяженным встроенным элементам в виде полосы, то деформационные швы также должны быть выполнены вдоль этих элементов (на расстоянии примерно 0,75 м до и после водосборных лотков).

Если несущие слои выполняются без температурных швов, то в дальнейшем могут возникнуть трещины, достигающие видимой части брусчатого покрытия. Возникающие в некоторых случаях трещины должны быть дополнительно раскрыты и в виде так называемых ложных швов заполнены материалом, длительно сохраняющим свою эластичность.

Для снятия возникающих напряжений в качестве альтернативы температурным швам могут служить так называемые «зоны снятия напряжений». Однако, их нельзя располагать в зонах с магистральным движением. Зоны снятия напряжения могут быть выполнены из того же покрытия, что и прилегающие поверхности, но иметь нежесткую (несвязанную) конструкцию. Зоны снятия напряжений должны быть окружены эластичными швами.

Надо отметить, что вопрос относительно устройства температурных швов в мощеных покрытиях выполненных с применением растворов на основе вяжущих пока не изучен и не имеется каких-либо системных данных о влиянии их на эксплуатационные показатели. Поэтому, возможны следующие решения:

1) Устраивать температурные швы с определенным шагом, ориентируясь на выше изложенные рекомендации;

2) Совмещать температурные швы со встроенными элементами или элементами обрамления мощения. Если же в каком-либо месте покрытия в ходе эксплуатации будут образовываться трещины, то в дальнейшем они могут быть расшиты и заполнены эластичным материалом. Преимуществом такого решения является то, что эластичные зоны расположены точно в местах с максимально высокими напряжениями. Заказчик должен быть осведомлен о том, что необходимость в таких работах может возникнуть.

7.5 Закрепление краев мощения. Примыкания

Для предотвращения вымывания или выноса материала подстилающего слоя и разрушения мощения, края покрытия из плит/камней мощения должны быть обязательно зафиксированы. Для этой цели могут использоваться натуральные камни (например, булыжник, брусчатка из горных пород), бортовые гранитные или бетонные камни, пластиковые или металлические полосы толщиной не менее 3 мм (рис.7.7 -7.9).

Пластиковые или металлические полосы для закрепления краев используют, как правило, при устройстве дорожных покрытий на второстепенных пешеходных коммуникациях.

На транспортных проездах, для укрепления краевых участков городских дорог служат бетонные и гранитные бортовые камни различных размеров по ГОСТ 6665, ГОСТ 6666.

На пешеходных переходах рекомендуется применять пониженный бортовой камень ярко-желтого или белого цвета. Контрастная окраска помогает ориентироваться инвалидам с дефектами зрения и одновременно указывает инвалидам опорно-двигательного аппарата, передвигающимся на костылях, в инвалидных колясках, места возможного схода-захода на тротуар. Для сохранения долговечности разметки следует использовать бортовые камни, лицевой слой которых выполнен из цветного бетона ярко-желтого или белого цвета.

В местах примыкания мощения к асфальтовому покрытию или в местах перехода покрытий различных типов, следует устанавливать бортовой камень (рис. 7.10). При такой конструкции ремонт или разрушение какого-либо одного дорожного покрытия не будет вызывать разрушение другого.

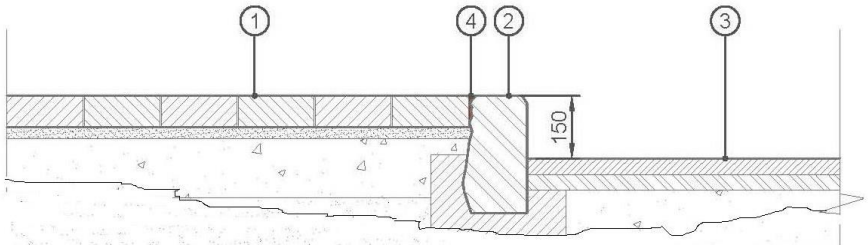


Рисунок 7.7 – Примыкание мощения к гранитному бортовому камню с необработанной частью

1- мощение; 2- бортовой камень гранитный, 3- покрытие дорожное из асфальтобетона, 4-шов, заполненный раствором на основе трассово-цементного, полимерного вяжущего или вяжущего на основе синтетических смол

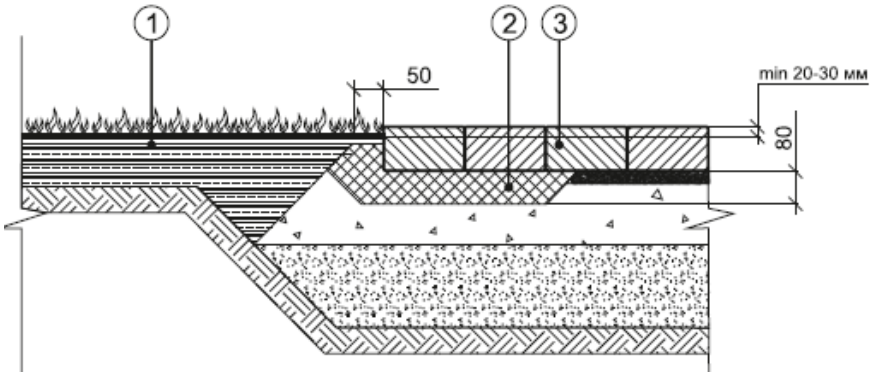


Рисунок 7.8 – Примыкание мощения к газону

1- газон; 2- раствор на основе цементного, трассово-цементного или полимерного вяжущего; 3 – мощение

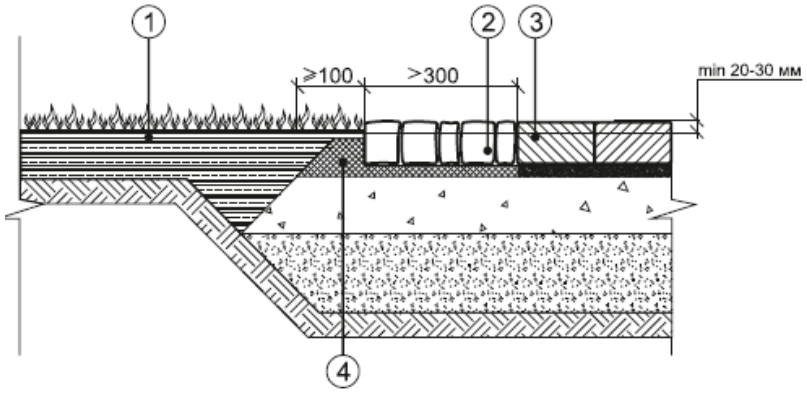


Рисунок 7.9 (а) – Примыкание мощения к газону с применением природных камней
1- газон, 2 – природные камни с заполнением швов; 3 – мощение; 4 – подстилающий слой из раствора на основе трассово-цементного, полимерного вяжущего или вяжущего на основе синтетических смол

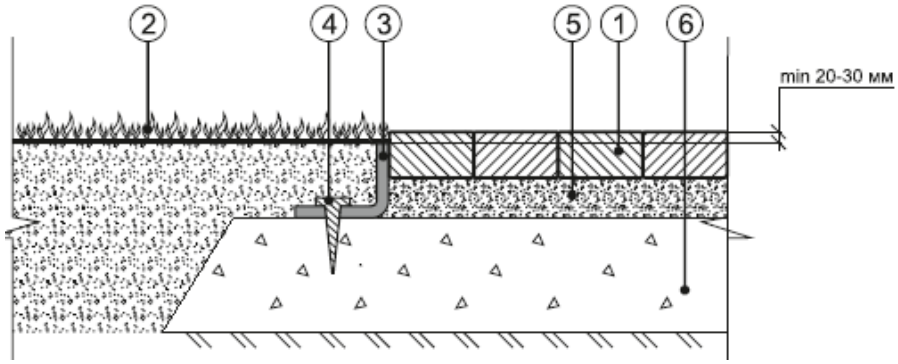


Рис. 7.9 (б) – Примыкание мощения к газону с применением специальной ленты
1-мощение; 2-газон; 3- специальная лента (металл, пластмасса); 4- крепление ленты к основанию (якорь); 5-подстилающий слой, 6-основание.

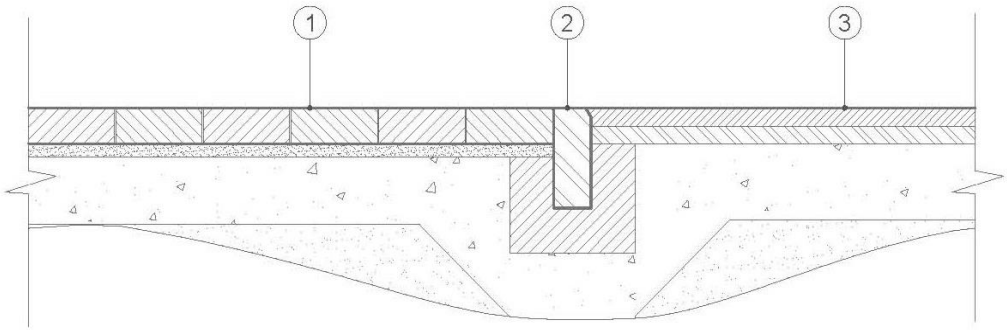


Рисунок 7.10 – Примыкание мощения к дорожному покрытию из асфальтобетона
1- мощение; 2 – бортовой камень, 3- дорожное покрытие из асфальтобетона

Примыкания могут быть выполнены гранитными мелкоштучными камнями (рис.7.11-7.12). Такое решение позволяет отказаться от подрезки бетонных камней при

строительстве и упростить последующее восстановление покрытия при ремонте или замене встраиваемых в мощение элементов (крышек колодцев, столбов и т. д.). Следует отметить, что гранитные камни намного прочнее и долговечнее бетонных, поэтому могут быть многократно использованы.

Рисунок 7.11. – Выполнение примыканий гранитными мелкоштучными камнями

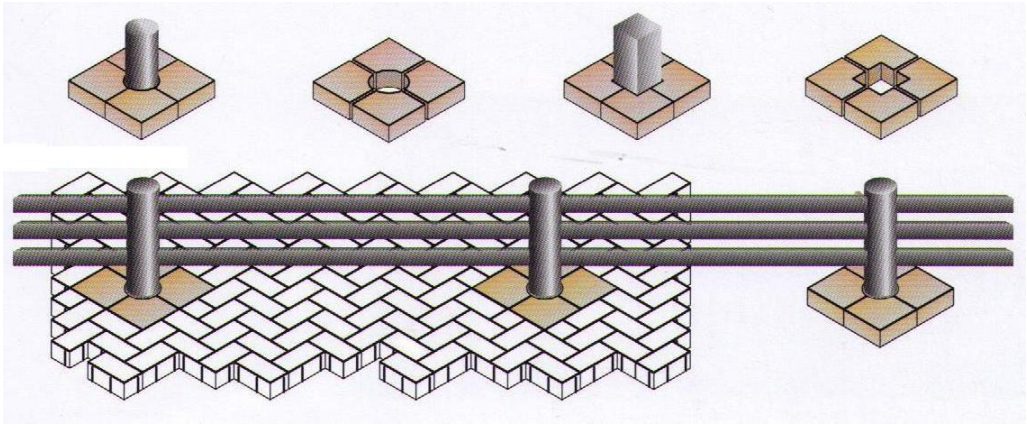


Рисунок 7.12 – Использование элементов заводского изготовления при устройстве примыкания мощения к столбам ограждения

7.6 Уклоны, водоотвод и гидроизоляция

Мощеные поверхности всегда требуют тщательно продуманного проектирования водоотведения с целью определения достаточного, но не слишком большого наклона. Особенно в случае протяженной поверхности, например, площади или поверхности с несколькими высотными отметками. Только квалифицированный план проектирования с данными по высоте по всем стокам, с параметрами наклона для всех желобов обеспечит достаточную надежность.

Предполагаемое простое решение деления общей площади на квадратные участки с коническими поверхностями и стоком в низшей точке (так называемые “конверты”, рис. 7.13) часто вызывает проблемы. Во-первых, такая форма поверхности подстилающего слоя технологически трудно выполняется. Во-вторых, неизбежно возникающие изменения наклона, образуют “неспокойную” поверхность мощения, где углы отдельных камней могут возвышаться над общим уровнем покрытия. Возникает вероятность их повреждения от действующей нагрузки.

Наиболее правильным является установка линейно проложенного водосточного желоба или строительство мощеного желоба (рис.7.14).

Встроенные элементы и прочие детали требуют тщательного проектирования и исполнения. Маленькие отрезанные камни, неточные срезы и значительные разности высот делают конструкцию еще более неэстетичной.

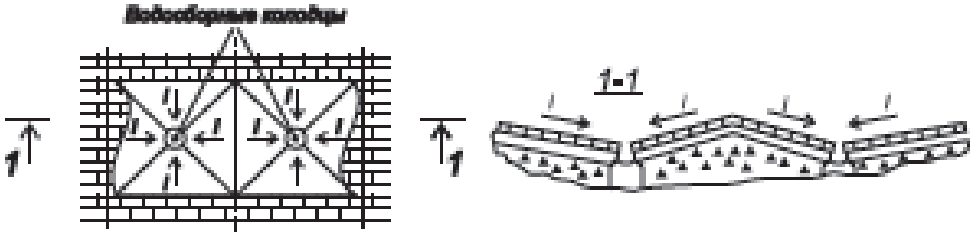


Рисунок 7.13 - Деление общей площади на квадратные участки с коническими поверхностями и стоком в низшей точке (так называемые “конверты”) часто вызывает проблемы.

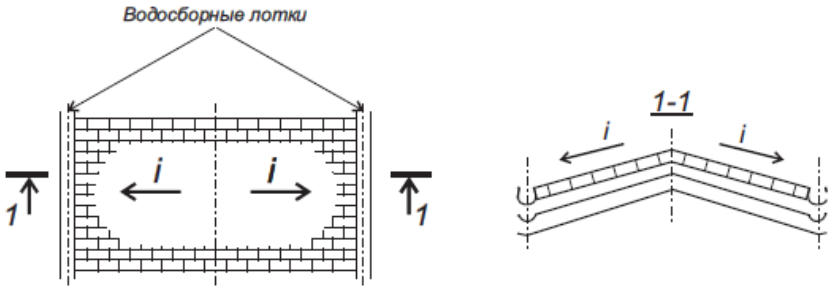


Рисунок 7.14 - Линейная водосборная система-наиболее правильное решение для дорожных покрытий из камней мощения

При проектировании поперечных уклонов следует учитывать, что водоотводящая способность дорожных покрытий из плит/камней мощения примерно на 20 % ниже, чем асфальтобетонных. В связи с этим результирующий уклон к лоткам или другим водоотводящим устройствам должен быть не менее 2,5 % (табл.7.9) [16].

При проектировании тротуаров, примыкающих к зданиям, необходимо предусматривать специальные меры по водоотводу.

а) Для обеспечения отвода воды от водосточных труб необходимо предусматривать специальный желоб. Для устройства желоба применяются специальные водосборные лотки – открытые или закрытые; или устраивается местное понижение поперечного ряда камней мощения. Стыковые швы в желобах предпочтительно заполнять водонепроницаемым раствором на основе трассово-цементного вяжущего. Поверхностный сток воды на пешеходных путях должен устраиваться так, чтобы водосборные лотки не выходили на пешеходные пути.

Элементы водосборной системы (лотки открытые и закрытые с чугунными, стальными и пластмассовыми решетками, дождеприемники (трапы)) могут быть выполнены из бетона, пластика или полимербетона в зависимости от назначения территории, где они будут установлены и действующих внешних нагрузок. Примеры установки водосборного желоба в дорожное покрытие из плит/камней мощения показан на рис.7.15-7.16.

Таблица 7.9 – Общие уклоны для различных дорожных покрытий*

Нагрузка**	Применяемый материал	Общий уклон
1	• Искусственные камни • Клинкер, кирпич • Натуральный камень тщательно обработанный (пиленный)	≥ 2,5%
1	• Натуральный камень грубо обработанный • Натуральный камень, необработанный, колотая поверхность, например мозаичная и мелкая брусчатка	≥ 3%
2 и 3	• Искусственные камни • Клинкер, кирпич • Натуральный камень тщательно обработанный	≥ 2,5%
2 и 3	• Натуральный камень грубо обработанный • Натуральный камень, необработанный, колотая поверхность, например мозаичная и мелкая брусчатка	≥ 3%
Комбинированные покрытия		≻ 1%

Примечания:

1) * Таблица выполнена на основе немецкого стандарта “Дополнительные технические условия договора для строительства тротуаров, пешеходных дорожек и площадок за пределами проезжей части. Исследовательское общество ландшафтного проектирования и строительства (FLL).

2) ** Нагрузка 1 – Покрытия, предназначенные для хождения пешеходов и не предназначенные для заезда грузового транспорта, за пределами проезжей части (например, дорожки на придомовых территориях, площадки в парках, садовые дорожки)

Нагрузка 2 – Покрытия, на которые допустим заезд транспортных средств с полной массой до 3,5 т, расположенные за пределами проезжей части (например, гаражные въезды, парковки для легковых автомобилей)

Нагрузка 3 – Покрытия, как для нагрузки 2, на которые при этом допустим заезд транспортных средств с полной массой до 20 т, расположенные за пределами проезжей части (например, проезды для технического обслуживания и ремонта, эвакуации, а также пожарные подъезды к гаражам и зданиям).

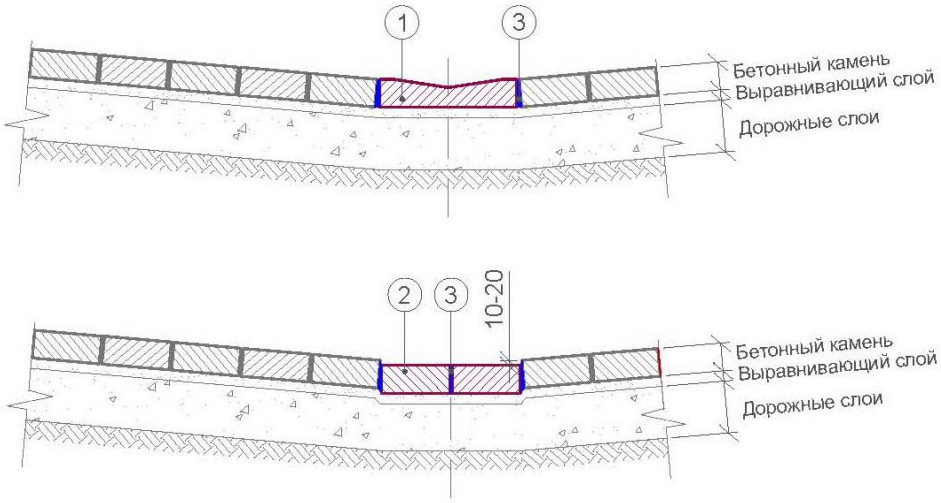


Рисунок 7.15 – Варианты устройства водосборных лотков
1- водосборный лоток модульный; 2 – камни мощения; 3-заполнение швов водонепроницаемыми растворами на основе трассово-цементного вяжущего

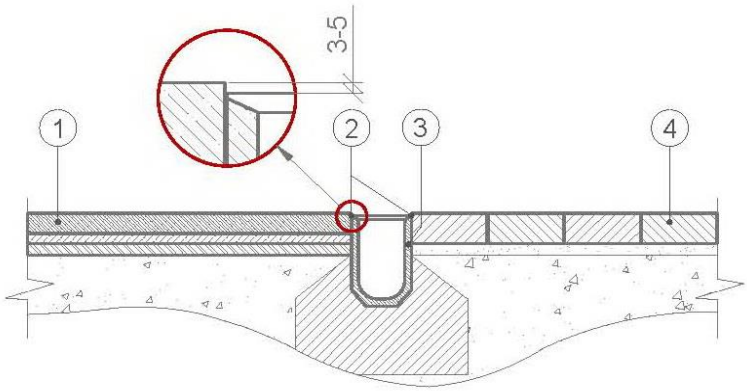


Рисунок 7.16 – Пример установки водосборного желоба в дорожное покрытие из плит/камней мощения
1 – асфальтовое дорожное покрытие; 2 –деформационный шов; 3-бетонное основание под лоток, 4- мощение

б) На тротуарах, примыкающим к зданиям, имеющих историческую ценность следует предусматривать специальную полосу вдоль фундамента, в которой швы должны быть заполнены водонепроницаемыми растворами или песком, с последующей обработкой составами на основе полиуретана (стабилизаторами песка). Ширина полосы должна быть установлена по месту: ориентировочно на 20 см шире расстояния от фундамента до обычной линии каплепадения с козырька крыши, но не менее 50 см. При этом конструкция дорожной одежды должна включать водоотводящую прослойку под монтажным слоем и(или) в основании дорожной одежды. Для одинакового зрительного восприятия всего тротуара, верхняя часть швов, в указанной полосе, должна быть заполнена тем же материалом, что и в швы на оставшейся части покрытия.

Гидроизоляция подземных частей зданий выполняется, как показано на рис.7.17. Уплотненному дну котлована придается уклон от стен здания, к фундаменту приклеивается рулонная вертикальная гидроизоляция, которая заводится на 1-1,5 м на дно

котлована, а поверх устраивается основание под мощение. Таким образом, вода, дренирующая через подстилающие слои песка и щебня, отводится от фундамента.

в) При проектировании тротуара в районах существующей застройки на магистральных дорогах и улицах, на которых отсутствуют газоны в пределах красных линий и нет сопутствующего дренажа, следует устраивать дренаж мелкого заложения в тротуаре, если этому не мешают подземные коммуникации. В дренажную траншею должны быть выведены края прослоек из геотекстильных дренирующих материалов под монтажным слоем. При отсутствии дренажной траншеи края указанных прослоек должны быть выведены в песчаную подушку под бортовым камнем, как показано на рисунке 7.18.

Места сопряжения цоколя здания с отмосткой испытывают температурные и осадочные деформации. Для их герметизации могут использоваться эластичные гидроизоляционные мастики на битумной основе, армированные самоклеющиеся ленты и герметики.

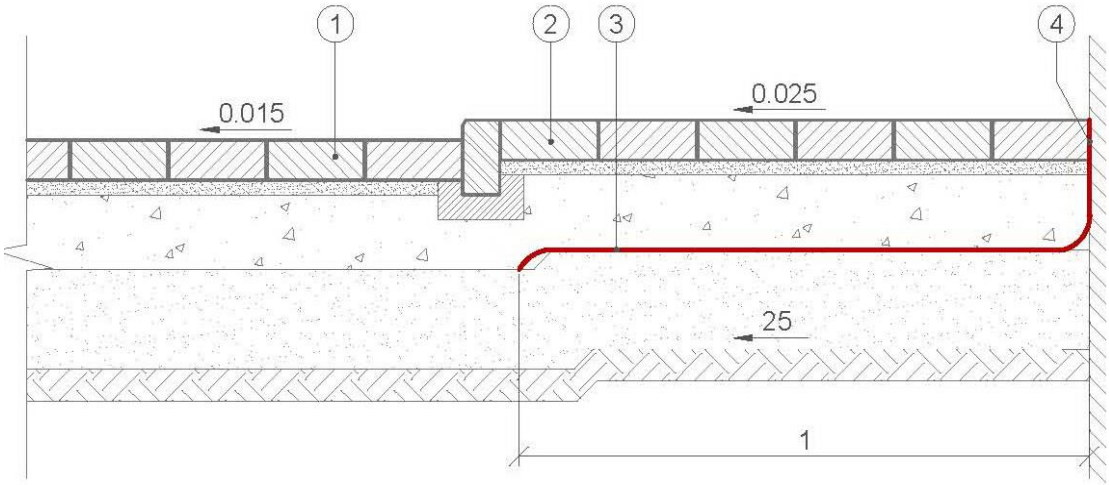


Рисунок 7.17 – Гидроизоляция подземных частей зданий, к которым примыкает мощение
1- мощение тротуара; 2- мощение отмостки; 3-гидроизоляция; 4-цоколь здания.

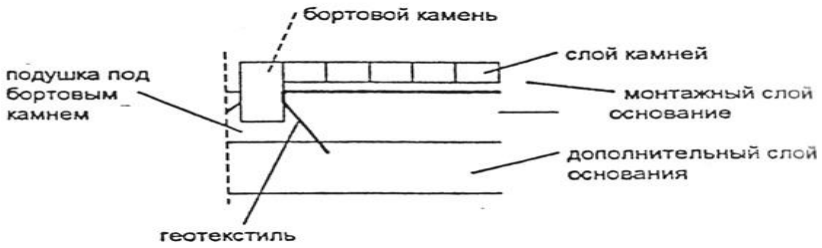


Рисунок 7.18 – Водоотвод из подстилающего слоя

Для уменьшения нагрузки на канализационную систему, а также для сбора и последующего использования дождевой воды применяют дренирующие покрытия (см. раздел 6.3).

7.7 Улучшение эксплуатационных свойств покрытий

Дорожные покрытия основных пешеходных коммуникаций (тротуары, площади, остановочные площадки общественного транспорта), следует дополнительно покрывать гидрофобизирующими составами. Как альтернатива, для таких участков могут быть использованы бетонные камни/плиты, в рецептуру бетонной смеси которых при производстве введены гидрофобизаторы, тогда последующая поверхностная обработка мощения не требуется.

Гидрофобизаторы придают материалам водоотталкивающие свойства. После обработки вода и загрязняющие жидкости (кофе, масло, нефтяные продукты) не впитываются в поверхность, а стекают с нее. Расход составов зависит от впитывающей способности строительного материала и определяется экспериментально. Некоторые гидрофобизаторы (так называемые – с «мокрым» эффектом) придают поверхности вид от шелково-матового до блестящего, а также легкий влажный эффект. На обработанной гидрофобизаторами поверхности мощения меньше образуется и легко удаляется наледь (см. также раздел 8.5).

7.8 Особенности расчета

7.8.1 Жесткие и нежесткие дорожные одежды

Нормативных методик расчета дорожных одежд с покрытием из камней/плит не имеется. Особенность таких дорожных одежд в том, что покрытие состоит из связанных друг с другом посредством сил трения-заклинки элементов – камней или плит. Нормативных расчетных характеристик покрытия не имеется. При моделировании дорожного покрытия, особенно покрытия выполненного с применением растворов на основе вяжущих, возникают трудности, связанные с его неоднородной структурой. Так, модуль упругости гранита 80 000 Н/мм2, растворов на основе вяжущих для устройства основания и подстилающих слоев от 20 000 до 30 000 Н/мм2, растворов для заполнения швов от 3 000 до 2 000 Н/мм2 [27]. Такая комбинация материалов не представляет возможным однозначно описать верхнее покрытие. Задача состоит в поиске оптимальной модели покрытия. После моделирования покрытия используются стандартные методы расчета для жестких или нежестких дорожных одежд.

Дорожные одежды с покрытием из камней и плит в зависимости от применяемых в конструктивных слоях материалов, по сопротивлению внешним нагрузкам и характеру деформирования могут быть жесткие и нежесткие.

Жесткие дорожные одежды обладают способностью воспринимать растягивающие напряжения при изгибе (моменты). К жестким следует относить дорожные одежды:

-с покрытием из плит мощения конечной жесткости на всех типах основаниях;

-со связанным покрытием из камней и плит мощения, в котором швы заполнены растворами на основе вяжущих, подстилающий слой выполнен из дренажного бетона;

- с покрытием из камней и плит мощения с несущим основанием из монолитных слоев (тощий и легкие ячеистые бетоны, дренажные бетоны и т.п.) с прочностью на растяжение при изгибе не менее 0,8 МПа (класс бетона на растяжение при изгибе $B_{tb}0,8$).

Покрытие или монолитное несущее основание под нагрузкой работает как плита на упругом основании.

Нежесткие дорожные одежды воспринимают растягивающие напряжения в меньшей мере. К нежестким следует относить дорожные одежды:

- с покрытием из камней мощения или абсолютно жестких плит на слабосвязных основаниях или монолитных основаниях не способных воспринимать растягивающие напряжения при изгибе (легкие ячеистые бетоны с прочностью на растяжение при изгибе менее 0,8 МПа, укрепленные грунты, пески, отсевы дробления горных пород и т.п.).

- с покрытиями из камней мощения или абсолютно жестких плит на слабосвязных основаниях или монолитных основаниях из асфальтобетона и асфальтогранулобетона.

7.8.2 Определение жесткости плит

Категория плит (абсолютно жесткие или конечной жесткости) определяется в зависимости от показателя жесткости S [16]:

- при $S \le 0{,}5$ или при $r/h_{пл} \le 2{,}5$ плиты относят к категории абсолютно жестких и на прочность, т.е. на сопротивление растяжению при изгибе (предельный изгибающий момент) их не рассчитывают;

- при $0{,}5 < S \le 10$ плиты относят к категории плит конечной жесткости и их рассчитывают на прочность т.е. на сопротивление растяжению при изгибе (предельный изгибающий момент).

Показатель жесткости S плиты определяют по формуле

$$S = \frac{3 \cdot E_0^э}{E} \cdot \left(\frac{r}{h_{пл}}\right)^3 , \qquad (7.1)$$

где r - радиус круглой плиты; радиус равновеликой по площади многоугольной плиты, половина стороны квадратной или полудлина прямоугольной, м;

$h_{пл}$ - толщина плиты, м;

E - расчетный модуль упругости бетона или природного камня плиты, МПа, принимаемый по таблице 7.10 или по формуле 7.2;

$E_0^э$ - эквивалентный модуль упругости основания, МПа, определяемый по формуле (7.3).

Таблица 7.10 – Расчетный модуль упругости бетона

Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе	Средняя прочность бетона на растяжение при изгибе $R_{ри}$, МПа	Расчетный (начальный) модуль упругости бетона E, МПа	
		Тяжелого	Мелкозернистого
$B_{tв}$ 4,4	5,5	36 000	28 000
$B_{tв}$ 4,0	5,0	33 000	26 500
$B_{tв}$ 3,6	4,5	32 000	25 500
$B_{tв}$ 3,2	4,0	30 000	24 000
$B_{tв}$ 2,8	3,5	28 000	22 500
Примечание — Для определения расчетного модуля упругости мелкозернистого бетона, приготовленного из песков с модулем крупности менее 2,0 следует соответствующие табличные значения умножить на 0,9.			

Расчетный модуль упругости природного камня определяют по формуле (7.2).

$$E = 3300 \cdot R_{ри} + 1670$$

Эквивалентный модуль упругости основания, как многослойной конструкции, определяется путем последовательного приведения слоистой системы к двухслойной по формуле:

$$E_o^э = \frac{E_н}{1 - \frac{2}{\pi} \cdot \left[1 - \left(\frac{E_н}{E_в}\right)^{\frac{4}{3}}\right] \cdot arctg\left[1{,}1 \cdot \left(\frac{E_в}{E_н}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{h}{D}\right]}, \qquad (7.3)$$

где $E_н$ - модуль упругости нижнего слоя дорожной конструкции, МПа

$E_в$ - модуль упругости вышележащего слоя дорожной конструкции, МПа;

h - толщина верхнего слоя, м;

D - диаметр круга, равновеликого площади отпечатка пневматика колеса, м (таблица П2.1 или по формуле 7.3).

$$D = 2 \cdot R = 2 \cdot \sqrt{\frac{F_d}{\pi \cdot p}}, \qquad (7.4)$$

где R - радиус круга, равновеликого площади отпечатка пневматика колеса, м;

F_d - расчетная величина нагрузки на колесо, кН;

p - внутреннее давление воздуха в пневматиках колес, кПа.

7.8.3 Нагрузки

При проектировании дорожных одежд с покрытием из камней мощения в качестве расчетных принимают нагрузки по ГОСТ Р 52748 “Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения” и ОДН 218.046-01 “Проектирование нежестких дорожных одежд” (стандартные нагрузки А1 (АК10), А2, А3, АК11.5, АК 6).

По ГОСТ Р 52748 нормативная нагрузка АК включает в себя одну двуосную тележку с нагрузкой на ось, равной 10К (кН) и равномерно распределенной вдоль дороги. Класс нагрузки К для нормативной нагрузки АК следует принимать равным для:

-автомобильных дорог категорий IA, IБ, IВ,II – 11,5;

-автомобильных дорог категорий III и IV – 10;

-автомобильных дорог категорий V – 6.

Категории автомобильных дорог по ГОСТ Р 52398 “Классификация автомобильных дорог”.

Интенсивность нормативной нагрузки от пешеходов на тротуарах (служебных проходах) и пешеходных мостах составляет 4 $кН/м^2$ без учета нагрузки АК и 2 $кН/м^2$ при учете совместно с нагрузкой АК.

Для автомобильных дорог диаметр круга, равновеликий следу отпечатка колеса в статическом положении, должен быть равен 0,34 м, в движении – 0,39 м.

По ОДН 218.046-01 при проектировании дорожных одежд в качестве расчетных принимают нагрузки, соответствующие предельным нагрузкам на ось расчетного двухосного автомобиля. Если в задании на проектирование расчетная нагрузка не оговорена специально, за расчетную принимают нагрузку, соответствующую расчетному автомобилю группы А (табл.7.11).

Таблица 7.11 – Расчетные нагрузки по ОДН 218.046-01

Группа расчетной нагрузки	Нормативная статическая нагрузка на ось, кН	Нормативная статическая нагрузка на поверхность покрытия от колеса расчетного автомобиля, $Q_{расч.}$, кН	Расчетные параметры нагрузки	
			P, МПа	D, см
А1	100	50	0,60	37/33

Группа расчетной нагрузки	Нормативная статическая нагрузка на ось, кН	Нормативная статическая нагрузка на поверхность покрытия от колеса расчетного автомобиля, $Q_{расч.}$, кН	Расчетные параметры нагрузки	
			P, МПа	D, см
А2	110	55	0,60	39/34
А3	130	65	0,60	42/37
Примечание: *В числителе - для движущегося колеса, в знаменателе - для неподвижного.*				

Дорожные одежды из мелкоштучных элементов мощения по сопротивлению нагрузкам и характеру деформирования занимают промежуточное положение между жесткими и нежесткими одеждами. Для характеристики таких одежд можно применять термин “полужесткие”, который ранее использовался в литературе по дорожному строительству и относился к мостовым из колотого камня и пакеляжа. В полужестких одеждах один или несколько слоев обладают сопротивлением изгибу, но значительно меньшим, чем у жестких одежд.

Расчет полужестких одежд выполняется по методике, разработанной для нежестких дорожных одежд. Поэтому, основным документом для расчета дорожных одежд с покрытием из камней мощения является ОДН 218.046-01 “Проектирование нежестких дорожных одежд”.

Для расчетов дорожных одежд площадок, не относящихся к городским дорогам, с другими известными нагрузками предлагалось пользоваться поверочной расчетной нагрузкой, которая определяется следующим образом (см. также п.7.8.5):

- по паспортным данным или непосредственным измерением устанавливается нагрузка на колесо конкретного транспортного средства (например, уборочного) $Q_{ст}$;

- диаметр следа колеса определяется по формуле:

$$D = 2\sqrt{\frac{Q_{ст}}{\pi p}}.$$

- диаметр передачи нагрузки на основание определяется по формуле:

$$D_р = D + 2(h_{ик} + h_в)$$

где $h_{ик}$ - толщина искусственного камня;

$h_в$ - толщина монтажного слоя (но не более 3 см).

- давление на основание определяется по формуле:

$$p_р = p\left(\frac{D}{D_р}\right)^2.$$

По поверочной расчетной нагрузке расчет выполняется по сдвигу в грунте и слабосвязных слоях основания по упрощенным двухслойным схемам (ОДН 218.046-01 “Проектирование нежестких дорожных одежд”). При этом сборное покрытие и выравнивающий слой в расчет не принимаются. Полученные значения толщин слоев уменьшаются на 20 %, но при этом толщины не должны быть меньше минимальных установленных нормами.

7.8.4 Методы расчета дорожных одежд

Конструкция дорожной одежды считается прочной, если коэффициент прочности на растяжение при изгибе и сопротивление сдвигу слоев основания и подстилающего грунта больше или равен 1 ($K_{пр} \geq 1$), а толщина материала дренирующего слоя (с соответствующим коэффициентом фильтрации) обеспечивает своевременный отвод избыточной воды.

При назначении конструкции рекомендуется изучить опыт проектирования и строительства аналогичных объектов.

Наличие геосинтетических материалов (георешеток, геосеток, геотекстилей, геомембран и т.п.) необходимо учитывать в прочностном расчете. Так как они в

значительной степени влияют на величину вертикальных и горизонтальных напряжений в конструктивных слоях дорожных одежд и грунте земляного полотна (подстилающем грунте).

Если по покрытию из плит не предполагается движение транспортных средств, то толщину плит определяют по таблице 7.2 (2).

Методы расчета дорожных одежд нежесткого типа

Метод расчета №1 применим для конструкций дорожных одежд с основаниями не способными воспринимать растягивающие напряжения при изгибе. Критерии прочностного расчета: сопротивление сдвигу слабосвязных слоев основания и подстилающего грунта. Расчет производится по методике для дорожных одежд нежесткого типа (ОДН 218.046- 01). Расчет покрытия на прочность не производится.

Конструкция дорожной одежды для расчета по методу №1 (рис 7.19): 1 – покрытие (камни мощения, абсолютно жесткие плиты); 2 – подстилающий слой (песок, пескоцемент, отсевы дробления горных пород); 3 – несущее основание (щебень, гравийно-песчаные смеси, щебень с расклинцовкой, щебеночные смеси, щебень обработанный органическими и неорганическими вяжущими, отсевы дробления горных пород, побочные продукты промышленного производства обработанные и необработанные вяжущими, тощий (малоцементный) укатываемый и ячеистые бетоны с прочностью на растяжение при изгибе менее 0,8 МПа, грунт обработанный вяжущими; 4-дополнительный слой (песок, гравийно-песчаные смеси, щебень однофракционный (открытая смесь), гравий).

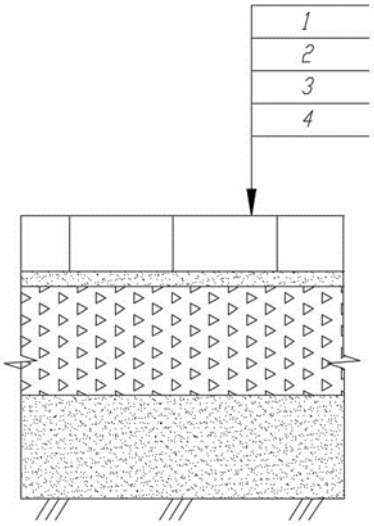


Рисунок 7.19 - Принципиальная схема дорожной одежды к методам расчета (обозначения см. в описаниях методов расчета № 1-4)

Покрытие может моделироваться сплошным слоем, путем присвоения ему определенных свойств, например:

-покрытию назначают модуль упругости равный нижележащему несущему основанию;

-покрытию назначают модуль упругости сборного покрытия (табл.7.12).

Таблица 7.12 - Расчетные модули упругости покрытия тротуаров (площадок) из искусственных камней мощения в зависимости от категории городской дороги и улицы

$K_{ПР}$	0,63	0,84	0,87	0,90	0,94	1,0	1,05

E_1	2790	2437	2290	2126	1920	1620	1350
E_2	3160	2762	2600	2410	2180	1840	1534

Примечания:

1. Расчетные модули упругости приведены из Руководства [ ] и приняты на основании исследований, проведенных в Голландии и Южно-Африканской республике. Коэффициент вариации установлен *Ку* =0,28.
2. $K_{ПР}$ - коэффициент прочности для городских улиц и дорог (табл. 7.12)
3. E_1 - расчетный модуль упругости для искусственных камней простой формы с плоскими гранями; E_2 - то же для камней с горизонтальной связью.
4. Средние значения модулей упругости по результатам испытаний: E_1 =3 000 МПа; E_2 =3 400 МПа.

Таблица 7.13 – Коэффициенты прочности для городских улиц и дорог

Категория городских улиц и дорог	$K_{ПР}$
Магистральные дороги федерального значения	1,05
Магистральные улицы общегородского значения	1,00
Магистральные улицы районного значения	0,94
Улицы в жилой застройке, дороги в промышленных и коммунально-складских зонах	0,90
Проезды и прочие улицы местного значения	0,84
Временные и объездные дороги	0,63

Следует учесть, что расчетные модули упругости покрытия (табл.7.11), принятые на основании зарубежных исследований определялись для конкретных конструкций дорожных одежд. Условия их эксплуатации и свойства материалов, применяемых для строительства, отличаются от местных. Кроме того, такой подход не учитывает влияние толщины (высоты) плит/камней мощения, которая в зависимости от назначения покрытия может быть в пределах от 60 до 100 мм. Это обстоятельство вносит некоторую погрешность в расчеты.

Альтернативным вариантом расчета может быть определение давления на поверхности несущего основания с учетом распределяющей способности покрытия из камней или плит (см. п.7.8.5).

Метод расчета №2 применим для конструкций дорожных одежд с основаниями способными воспринимать растягивающие напряжения при изгибе (асфальтобетон, асфальтогранулобетон и т.п.). Критерии прочностного расчета:

-сопротивление монолитных слоев основания (асфальтобетона, асфальтогрунулобетона) растяжению при изгибе.

- сопротивление сдвигу слабосвязных слоев основания и подстилающего грунта.

Расчет производится по методике для дорожных одежд нежесткого типа (ОДН 218.046- 01). Расчет покрытия на прочность не производится.

Конструкция дорожной одежды для расчета по методу №2 (рис.7.19): 1 - покрытие (камни мощения, плиты); 2 - технологический слой (песок, пескоцемент, отсевы дробления горных пород); 3 - асфальтобетон, асфальтогранулобетон и т.п.; 4 - щебень, гравийно-песчаные смеси, щебень с расклинцовкой, щебеночные смеси, щебень обработанный органическими и неорганическими вяжущими, отсевы дробления горных пород, побочные продукты промышленного производства обработанные и необработанные вяжущими, тощий (малоцементный) укатываемый и ячеистые бетоны с

прочностью на растяжение при изгибе менее 0,8 МПа, грунт обработанный вяжущими, песок, гравий.

Наличие камней мощения или плит при расчете дорожной конструкции учитывается путем назначения диаметра отпечатка колеса и соответствующего давления на поверхности несущего основания с учетом распределительной способности покрытия (см. п. 7.8.5).

Методы расчета дорожных одежд жесткого типа

Метод расчета №3 применим для конструкций дорожных одежд с основаниями не способными воспринимать растягивающие напряжения при изгибе. Критерии прочностного расчета:

- на сопротивление растяжению при изгибе (предельный изгибающий момент) плит мощения;
- сопротивление сдвигу слабосвязных слоев основания и подстилающего грунта.

Расчет производится по методике для дорожных одежд жесткого типа (см. Методические рекомендации по проектированию дорожных одежд жесткого типа).

Конструкция дорожной одежды для расчета по методу №3 (рис.7.19): 1 - покрытие из плит конечной жесткости; 2 - технологический слой (песок, пескоцемент, отсевы дробления горных пород); 3 - несущее основание (щебень, гравийно-песчаные смеси, щебень с расклинцовкой, щебеночные смеси, щебень обработанный органическими и неорганическими вяжущими, отсевы дробления горных пород, побочные продукты промышленного производства обработанные и необработанные вяжущими, тощий (малоцементный) укатываемый и ячеистые бетоны с прочностью на растяжение при изгибе менее 0,8 МПа, грунт обработанный вяжущими; 4- дополнительный слой (песок, гравийно-песчаные смеси, щебень однофракционный (открытая смесь), гравий).

Метод расчета №4 применим для конструкций дорожных одежд с монолитными основаниями (цементобетон, легкий бетон, тощий бетон) способными воспринимать растягивающие напряжения при изгибе. Критерии прочностного расчета:

- на сопротивление растяжению при изгибе монолитных слоев несущего основания;
- сопротивление сдвигу слабосвязных слоев основания и подстилающего грунта.

Расчет производится по методике для дорожных одежд жесткого типа (см. Методические рекомендации по проектированию дорожных одежд жесткого типа).

Конструкция дорожной одежды для расчета по методу №3 (рис.7.19): 1 - покрытие (камни мощения, плиты); 2 - подстилающий слой (песок, пескоцемент, отсевы дробления горных пород); 3 – монолитные основания (цементобетон, легкий бетон, тощий бетон); 4 - щебень, гравийно-песчаные смеси, щебень с расклинцовкой, щебеночные смеси, щебень обработанный органическими и неорганическими вяжущими, отсевы дробления горных пород, побочные продукты промышленного производства обработанные и необработанные вяжущими, тощий (малоцементный) укатываемый и ячеистые бетоны с прочностью на растяжение при изгибе менее 0,8 МПа, грунт обработанный вяжущими, песок, гравий.

Наличие камней мощения или плит при расчете дорожной конструкции учитывается путем назначения диаметра отпечатка колеса и соответствующего давления на поверхности несущего основания с учетом распределительной способности покрытия (п. 7.8.3, п. 7.8.5).

7.8.5 Определение давления на поверхности несущего основания с учетом покрытия из камней/плит

Для расчета дорожных одежд по методам №1, №2 и №4 необходимо знать диаметр отпечатка колеса и соответствующее давление, которое воздействует на слой находящийся под покрытием. Для этого рассматривается следующая расчетная схема (рис.7.20).

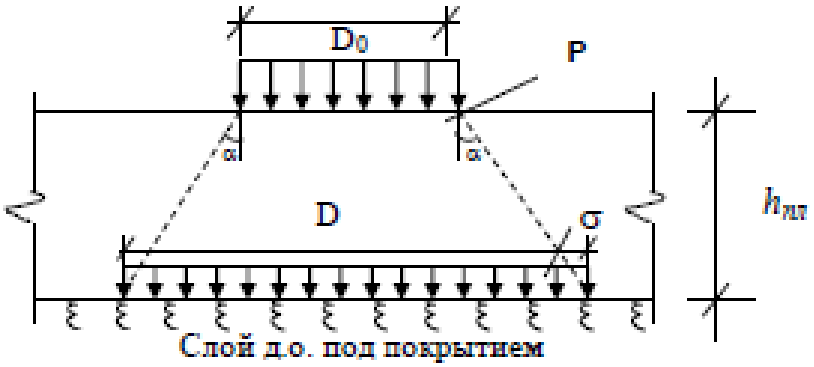


Рисунок 7.20 - Расчетная схема

D_0 – диаметр отпечатка колеса на покрытие;

D - диаметр отпечатка на несущее основание с учетом распределяющей способности покрытия;

P - давление на покрытие от колеса;

σ - давление на поверхности несущего основания (легкий бетон, тощий бетон, асфальтобетон, асфальтогранулобетон, цементобетон и т.п.);

$h_{пл}$ - толщина покрытия из камней мощения или плит;

α = 45 градусов - угол распределения вертикального давления.

Если давление от колеса P передается через отпечаток диаметром D_0, то благодаря распределяющему действию покрытия, на поверхности подстилающего грунта будет действовать напряжение σ, передающееся через штамп диаметром D.

Из условий статического равновесия следует:

$$\frac{\pi D^2 \sigma}{4} = \frac{\pi D_0{}^2 P}{4},$$

откуда

$$\sigma = P \cdot \frac{D_0^2}{D^2}, \text{ где } D = D_0 + 2 \cdot h_{пл} \cdot tg\alpha = D_0 + h_{пл}$$

Описанная выше методика определения давления на несущее основание не учитывает связи (силы трения-заклинки) между камнями.

При другом подходе [ ] давление на несущее основание определяется с учетом реакции слоя камней $R_{бп}$ в зависимости от их высоты (толщины):

при

$$h_{бп} = 1{,}0 \ldots R_{бп} \ldots .$$

Предполагается, что прикладываемая нагрузка Р распределяется на нижележащее грунтовое основание под углом в 45^0 по площади F_1. Интенсивность нагрузки, действующей на несущее основание, учитывая реакцию слоя блоков $R_{бп}$ равна:

$$p = (P - R_{бп})/F_1 .$$

Таким образом, устанавливает связь между давлением на основание и толщиной (высотой) покрытия из камней мощения.

7.8.6 Автоматизированное проектирование

Автоматизированное проектирование дорожных одежд выполняться с применением сертифицированных программ, например Топоматик Robur "Дорожная одежда". В программе реализованы следующие расчеты:

- на прочность (по упругому прогибу. по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев, на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению на растяжение при изгибе, на статическую нагрузку);
- на морозоустойчивость;
- расчет дренирующего слоя.

Расчет выполняется на стандартные нагрузки А1 (АК10), А2, А3, А 11.5 (АК11.5), АК 6 или любую другую, составляющую не менее 10 % от состава грузового движения.

В качестве исходных данных задаются интенсивность движения по видам транспорта на любой год эксплуатации дороги и коэффициент ежегодного прироста интенсивности движения.

Требуемый модуль упругости и допускаемое напряжение на изгиб определяются с учетом суммарного количества проходов транспорта по одному следу за срок службы дорожной одежды, либо суточной интенсивности в обоих направлениях.

Программа позволяет автоматически выполнять перебор толщин конструктивных слоев дорожной одежды в заданных пределах и с заданным шагом. Варианты конструкций, отвечающих условиям прочности, упорядочиваются по критерию стоимости.

Результаты расчета могут быть, как непосредственно распечатаны на принтере в текстовом виде, так и сохранены в документе в виде таблицы или чертежа.

8 Строительство и контроль качества

8.1 Устройство слоев основания дорожной одежды

8.1.1 Подготовка земляного полотна и основания

Подготовка земляного полотна, устройство слоев основания выполняется по тем же правилам, что и для других видов дорожных одежд.

Дорожные одежды с покрытием из камней/плит мощения по технической классификации ГОСТ Р 5239-2005 могут быть отнесены к дорогам обычного типа (нескоростная дорога), II÷ IV категории, с нагрузкой на ось от движущихся транспортных средств 6-10 тс. Ниже приводятся особенности технологии устройства слоев грунтовых оснований некоторых вариантов из рекомендуемых конструкций (см. Альбом конструкций дорожных одежд с применением мощения). Раздел 8.1 написан с использованием литературы [6,7,8,9,15,17,18,19,22,23] (см. стр.94-95).

Перед возведением грунтового несущего слоя выполняются работы по подготовки основания, которые включают различные виды работ, в том числе и работы по водоотводу из всей зоны производства работ. Водоотвод следует выполнить до начала основных

работ по сооружению несущего слоя грунтового основания. Водоотвод начинают с пониженных мест рельефа местности. В не дренирующих грунтах основания поперечный уклон должен быть -одно или двухскатный.

Поверхность основания освобождается от камней, диаметр которых d >2h/3, где D-максимальный размер удаляемого камня; h – высота грунтового несущего слоя. Ямы и другие местные неровности засыпаются не дренирующим грунтом и уплотняются.

Отсыпку грунта в насыпи следует производить от краев к середине, слоями на всю ширину рабочей площадки, толщиной слоя, назначаемой в зависимости от имеющихся средств уплотнения.

Использование в одном слое насыпи разных видов грунтов не допускается. При изменении вида грунта или в случае необходимости дополнять слой другим грунтом – слои устраивать по типу выклинивания.

Последующая подсыпка краев или откосных частей не желательна.

Каждый слой следует разравнять, сделать уклон 20-40$^{o}/_{oo}$ и уплотнить.

Разновидности и состояния грунтов, отсыпаемых в несущий слой, нормы плотности слоя должны соответствовать требованиям, установленным СНиП для дорог категории II-IV**.** Особые разновидности и состояния грунтов не допускаемых, как правило, в конструктивный несущий слой: глинистые сильно засоленные; глинистые переувлажненные сверх нормы; торф, ил и связанные с применением органики торфа или ила; почвенно-растительный слой, черноземы; тальковые, меловые, сланцевые и грунты в переувлажненных местах.

Если нет качественных местных песков, а местные грунты существенно изменяют свои свойства под действием природных факторов (глинистые, засоленные грунты и т.п.), в этом случае надо их обрабатывать и укреплять в соответствие с ГОСТ 23558, то есть обрабатывать неорганическим вяжущими материалами. Возможно использовать улучшенный, обработанный материал – это искусственный материал, получаемый в карьерных смесителях, песчано-щебеночных, песчано-гравийных, песчано-щебеночно-гравийных смесей, золошлаковых смесей и песка с цементом и другими неорганическими вяжущими и водой и отвечающие нормируемым показателям качества по прочности и морозостойкости.

Использование в несущем слое грунтов, склонных к морозному пучению не допускается.

Уплотняемость грунта, в значительной степени зависит от состояния грунта, его влажности. Наиболее эффективный диапазон влажности, используемых грунтов, представлен в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Эффективный диапазон влажности используемых грунтов

Грунты	Отклонение от оптимальной влажности $W_{опт}$ при коэффициенте уплотнения $K_у$

	0,98	0,95
Пески пылеватые, супеси легкие крупные	0,80-1,35	0,75-1,60
Супеси легкие и пылеватые	0,80-1,25	0,75-1,35
Супеси тяжелые пылеватые, суглинки легкие и легкие пылеватые	0,85-1,15	0,80-1,30
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые	0,90-1,05	0,85-1,20

При устройстве основания из щебня методом заклинки необходимо, чтобы расклинка была выполнена в строгом соответствии с требованиями СНиП. Необходимо, также чтобы песок из подстилающего слоя не диффундировал в слой основания, что приведет к потере устойчивости камней/плит в покрытии.

Расклинку следует выполнять двухразовую фракциями размером 10-20 и 5-10 мм с соответствующим расходом 15м^3 и 10 м^3 на 1000 м основания для щебня основной фракции 40-70 или одноразовую расклинку смесью фракций 0-20.

Для щебня меньшей основной фракции допускается выполнение расклинки в один этап с использованием смеси фракций 0-10. Основание из известнякового щебня марки по прочности менее 600 допускается выполнять в один этап без расклинки. В качестве расклинивающего материала следует применять или те же горные породы, из которых состоит основная фракция, или более уплотняемые породы.

При устройстве тротуаров из плит/камней мощения вдоль жилых и общественных зданий обязательно после подготовки земляного полотна следует провести гидроизоляционные работы (см. раздел 7.6).

8.1.2 Уплотнение грунтовых оснований, слоев из песка и щебеночно-песчаных смесей

Уплотнение выполняется различными типами уплотняющих машин с режимами их работы, которые зависят от вида и состояния грунта, а также конструктивных параметров уплотняемого слоя. С учетом возможности проникания влаги через швы между камнями мощения, что может привести к снижению прочности подстилающих слоев и превышению допустимых деформаций поверхности покрытия, нормы плотности несущего слоя грунта предпочтительно иметь в пределах (0,98-1,0) $\delta_{\text{мах}}$. Где $\delta_{\text{мах}}$ – максимальная стандартная плотность.

Выбор типа и режима работы уплотняющих машин следует назначать с максимальной эффективностью их применения в зависимости от размеров площади мощения, в соответствие с планом производства работ.

Большие рабочие объемы по укладки камней мощения (более 50 м. кв) характеризуются тем, что здесь нет ограничений по типажу и разновидности применяемой уплотняющей техники. Кроме того, эти объемы, как правило, связанны с устройством водосливных люков, небольших траншей и других подобных сооружений, выполнение которых требует специальных методических указаний. Малые объемы работ, по укладки камней мощения (менее 50 кв.м), обусловливают типы и разновидности, применяемой уплотняющей техники и, соответственно, технологии работ.

При больших объемах работ могут быть использованы вибрационные катки массой от 3 т. В таблице представлены рекомендации по выбору типа и режимов работы вибрационных уплотняющих машин.

Для повышения производительности и качества работ по уплотнению рыхло отсыпанного слоя грунта, первые проходы следует производить легкими катками статического действия, пневмокатками или вибрационными катками массой до 6 тонн с выключенной вибрацией. Окончательное уплотнение слоя грунта, доведения его до высокой плотности, выполняется тяжелыми катками статического действия или вибрационными катками в соответствие с рекомендациями, представленными в таблице

8.2. На завершающем этапе – выполняют за 1-2 прохода статическим или пневмокатком для ликвидации разрушений верхней, тонкой части уплотняемого слоя.

Таблица 8.2 - Рекомендации по выбору максимальной толщины уплотняемого слоя (см) и оптимального количества проходов при работе виброкатков

Вид и состояние грунта	Требуемая степень уплотнения	Масса вибровальцового модуля или прицепного виброкатка, т.					Кол-во проходов катка по следу
		3-4	5-6	7-8	9-11	12-14	
Скальный крупнообло-мочный с несвязным запол- нителем, валунно-галечный	0,95	-	55-65	75-85	95-120	130-150	8-10
Моренный несвязный и малосвязный	0,95 0,98	- -	50-60 30-35	70-80 40-45	85-95 50-55	100-120 60-70	6-8 8-10
Песок обычный, пылеватый, песчано-грав. смесь	0,95 0,98	30-40 20-30	45-55 40	60-70 50	80-90 55-60	100-120 65-75	6-8 8-10
Песок одноразмерный с влажностью: -4% – 5% - 6% - 7%	 0,95 0,98 0,95 0,98	 35-40 20 30-40 20-25	 45 30 50 30-35	 55 35 60-70 40-45	 60 40 70-80 50	 65-70 45 80-90 60	 3-4 4-6 4-6 6-8
Супесь пылеватая оптимальной влажности*).	0,95 0,98	20-30 -	35-40 20-25	45-50 25-30	55-60 30-40	65-75 40-45	6-8 8-10
Суглинок с влажностью близкой к оптимальн. *).	0,95	-	20-25	25-35	30-35	40-45	10-12
Примечание: * - для кулачковых катков.							

Достижение высокой плотности ($К_у \geq 0,98 \div 1,00$) обусловлено выбором рациональной толщины уплотняемого слоя, поддержанием влажности близкой к оптимальной, увеличением количества проходов катка по следу. Для этой цели толщину уплотняемого слоя следует уменьшить в 1,5÷2,0 раза относительно величины, рекомендуемой в таблице или увеличить в три раза количество проходов катков. Последний вариант менее эффективен.

При небольших объемах работ целесообразно использовать легкое уплотняющее оборудование: поверхностные вибрационные плиты массой до 150 кг, легкие вибротрамбовки (50-70 кг), а также малогабаритные катки различных типов массой до 1,5÷ 3 т.

Основными параметрами вибрационных плит являются: масса плиты – М (или сила тяжести Q=M*g), минимальный размер площадки контакта плиты с грунтом – В min и величина вынуждающей силы - Р. Эффективность вибрационных плит определяется их удельными параметрами: P/Q и Q/F, где F- площадь контакта плиты со слоем уплотняемого грунта. Значения вынуждающих сил (в относительных единицах- P/Q), которые необходимы для достижения максимальной стандартной плотности супесчаного грунта оптимальной влажности при разных значениях удельной массы плиты для частоты колебаний равной 40-50 Гц, представлены в таблице 8.3.

Таблица 8.3 – Значения вынуждающих сил виброплит для достижения максимальной стандартной плотности.

Удельная масса, (m) $Н/м^2 *10^3$	Минимальное отношение P/Q при толщине слоя*	
	Толщина слоя: $В_{min}$	Толщина слоя: 0,5 $В_{min}$

4,5	-	10
5,0	-	7
6,0	-	4
15,0	-	2
20,0	10	-
24,0	7	-
40,0	5	-
***-** Вибрационные плиты эффективны для несвязных грунтов с содержанием глинистых частиц менее 6%. При большем содержании глинистых частиц в грунте соотношение P/Q должно быть $>$ 10.		

Для достижения максимальной стандартной плотности значения удельной массы виброплит должны быть не ниже значений, представленных в таблице 8.4.

Таблица 8.4 – Значения удельной массы виброплит

Вид грунта	Удельная масса, $Н/м^2*10^3$
Переувлажненные пески	3-4
Пески оптимальной влажности	6 - 10
Супесчаные грунты оптимальной влажности	15 - 20
Тяжелые супеси оптимальной влажности	25 - 30
Несвязные грунты, укрепленные цементом (5÷ 10%), оптимальной влажности - W_0	15-20

Рекомендованные значения параметров уплотняющих поверхностных плит, представленные в таблицах 8.3 и 8.4 указаны для получения плотностей равных $0{,}95\delta_{max}$. Если требуемая плотность грунта велика и составляет (0,98-1,0) δ_{max}, то оптимальная толщина слоя равна половине указанной толщине слоя. Либо число проходов машины по следу должно быть увеличено в три раза.

Необходимое количество проходов плиты по следу, определяется при скорости укатки 0,5÷1,0 км/ч. Необходимое количество проходов вибрационной плиты по следу «*n*» можно определить по скорости перемещения вибрационной плиты и продольному размеру площадки контакта её с грунтом «B_{min}». Ориентировочные значения количества проходов плиты по следу должно составлять 6 – 8.

Толщина уплотняемого слоя гладковальцовым малогабаритным виброкатком конструктивного слоя дорожной одежды (при влажности грунта близкой к оптимальной) может быть примерно определена по таблице 8.5.

Таблица 8.5 – Толщина уплотняемого слоя

Разновидности грунта или конструктивный слой	Толщина слоя уплотненного грунта, приходящаяся на 1 т массы вибровальцового модуля
пески крупные, средние, ПГС	9–10 см
пески мелкие, в том числе и пылеватые	6–7 см
супеси легкие и средние	4–5 см

легкие суглинки	2–3 см
щебень с расклинцовкой (при максимальном диаметре камня Dmax ≤40 мм)	10-12 см

8.1.3 Уплотнение щебеночных оснований

Для больших площадок уплотнение следует выполнять поэтапно: катками на пневматических шинах массой не менее 15 т с давлением воздуха в шинах до 0.6-0.8 МПа, или самоходными гладковальцовыми катками массой не менее 10 т, или вибрационными катками с возмущающей силой более 60 кН.

Для небольших площадок с малым объемом работ, уплотнение щебеночного слоя следует выполнять ручными виброплитами с возмущающей силой более 50 кН и массой не более 150 кг. На первом этапе производится - предварительное уплотнение основной фракции щебня (0-40) за 4-10 проходов (первая цифра для малогабаритных вибрационных катков, вторая – для виброплит). На втором этапе производится уплотнение после россыпи расклинивающей фракции(0-10) Общее количество проходов составляет 8-20 (первая цифра для виброуплотняющих машин). Приведенные типы машин относятся к уплотнению слоя минимальной толщины 15 см.

При толщине отсыпаемого слоя более 15 см в соответствие с ППР – целесообразна укладка и уплотнение в два слоя.

При уплотнении трудно уплотняемого гранитного щебеночного материала укатку статическими катками следует производить, поливая щебень водой (ориентировочно 15-25 л/м^2); перед россыпью расклинивающей фракции целесообразно проливать битумную эмульсию из расчета 2-3 л/м^2 .

Для конструкций, выполняемых без геотекстильной прослойки, после окончания уплотнения щебеночного основания по его поверхности следует рассыпать гранитный отсев в количестве 10 м^3 на 1000 м^2 и уплотнить ориентировочно за 4-6 проходов уплотняющей машины.

То же относится к основаниям из известнякового щебня марки по прочности менее 600, но в этом случае расход отсева следует увеличить до 15 м^3 на 1000 м^2.

При устройстве щебеночного основания с пропиткой пескоцементной смесью, слой щебня следует отсыпать на суммарную толщину щебеночного слоя и слоя с пропиткой.

Пескоцементная смесь в воздушно сухом или текучем состоянии распределяется по щебеночному основанию толщиной слоя 2.5 см в плотном состоянии. Щебень прикатывается легким катком за 1-2 прохода по одному следу. Пропитка (вдавливание) пескоцементной смеси производится катком на пневматических шинах за 2-4 прохода по одному следу или ручной виброплитой массой до 150 кг.

При устройстве основания из пескоцементной смеси работы следует выполнять при среднесуточной температуре воздуха не ниже 5 °С в сухую погоду. Уплотнение слоев до 22 см включительно следует производить или катками с гладкими вальцами (10 т), или виброкатками (возмущающая сила 10 т), либо ручными виброплитами (возмущающая сила не менее 50 кН, вес более 500 кг). Уплотнение слоев до 30 см включительно следует производить катками на пневмошинах (15 т), или виброкатками (возмущающая сила 160 кН), либо ручными виброплитами (возмущающая сила не менее 75 кН, вес более 750 кг). Количество проходов по одному месту ориентировочно составляет: 10 - для виброкатков и 16 - для катков статического типа. По окончании уплотнения следует произвести отделку поверхности грейдером или профилировщиком с последующим уплотнением гладковальцовым катком массой 6-8 т за 2-4 прохода по одному следу.

При малых объемах работ, когда рабочая площадка не позволяет использовать габаритную уплотняющую технику, проектную толщину слоев следует отсыпать и уплотнять за два приема: два раза по половине проектной толщины. Для уплотнения каждого слоя используется малогабаритная техника: поверхностные вибрационные плиты массой до 150 кг и $P/Q \geq 10-12$, а также вибрационные катки самоходные или управляемые пешим оператором массой 1,5-3,0 т.

8.1.4 Контроль качества уплотнения

Качество уплотнения слоев щебеночных оснований контролируют методом лунок. Остаточная пористость сформировавшегося щебеночного слоя должна быть не более 10 % при его укладке по способу заклинки и не более 12 % по способу самозаклинки.

Качество уплотнения слоев грунтовых оснований осуществляется методом режущего кольца с последующим определением плотности скелета грунта, либо полевыми экспресс методами типа: прибор Ковалева, поверхностные приборы неразрушающего действия, основанные на изменении диэлектрической проницаемости контролируемого слоя грунта от его плотности, различные индикаторы статического или динамического действия.

Контроль плотности грунта следует производить по ГОСТ 5180-84 по пробам, отобранным по продольной оси рабочей площадки не реже, чем через каждые 25 м. При ширине площадки – не более 5 м дополнительно следует отбирать пробы в тех же поперечниках на расстоянии 1.5 м от краев площадки. Отклонения (в меньшую сторону) от требуемого значения коэффициента уплотнения допускаются не более чем в 10% общего числа определений и не более чем на 0.04. Отклонения в большую сторону не нормируются. Для оперативного контроля допускается использовать экспресс-методы и приборы.

В настоящее время для контроля качества уплотнения грунтовых и щебеночных слоев, нашли широкое распространение приборы по определению динамического модуля упругости слоя (типа УДН), которые коррелируются со статическим модулем упругости.

Ориентировочные значения модулей упругости для грунтовых и щебеночных оснований, определяемых с помощью этих приборов приведены в таблице 8.6.

Требования к модулю деформации по верху несущего слоя приведены в таблице 8.7.

Таблица 8.6 – Значения модулей упругости для различных оснований

Материал уплотненного слоя	Толщина слоя, см	Статический модуль упругости, E_o,МПа	Динамический модуль упругости, E_{od}, Мпа (УДН)
Щебень известняк	30	350	80
Песок	28-30	100-120	62-65
Песок средней крупности	10	120	65
Супесь легкая	30	50-70	58-60

Цементогрунт	25	80-150	60-65
ПГС укрепленная цементом	25-27	280-350	75-80
Гравийный материал	18	170-190	68-70
Щебень трудно уплотняемых пород	30	350-450	80-90
*Значения модулей упругости , представленные в таблице, даны для операционного ориентировочного контроля качества уплотнения. На показания приборов, измеряющих модули упругости слоев, как статическим, так и динамическим методом, оказывают влияние плотность (Ку), влажность (W) материала, жесткость основания на котором расположен слой и т.п.			

8.2. Устройство упора из бортовых камней

Устройство упора из бортовых камней выполняется по обычной технологии.

Бортовые камни должны быть установлены на бетонное основание по песчаной (щебеночной) подушке. На песчаное основание допускается устанавливать «легкие» бортовые камни (БР.100.20.8, БР.50.20.8), когда они устанавливаются в один уровень с дорожным покрытием. Во всех остальных случаях бортовые камни должны устанавливаться на щебеночное основание.

Швы между бортовыми камнями заполняются в два этапа: сначала обмазываются со всех сторон цементным раствором сметанообразной консистенции с отверстием сверху, которое затем заполняется более жидким цементным раствором.

Очень важно тщательное заполнение (герметизация) стыков между бортовыми камнями или другими фиксирующими край мощения упорами (металлическими полосами, природными камнями и т. п.). В противном случае через не заделанные швы может выноситься песок подстилающего слоя, что приведет к потере устойчивости плит/камней и разрушению покрытия.

8.3 Устройство несвязанных покрытий

8.3.1 Мощение искусственными плитами/камнями и клинкером

Технологический процесс устройства дорожных покрытий из камней мощения состоит из следующих этапов: устройство слоев основания с уплотнением; устройство подстилающего слоя; укладка камней/плит; уплотнение; заполнение швов.

Материал подстилающего слоя должен легко деформироваться под действием вибрации для обеспечения посадки камней, учитывая необходимость их неравномерной осадки из-за допусков по высоте. Кроме того, этот материал должен при вибрации проникать в швы снизу, частично обеспечивая их заполнение. В связи с этим для подстилающего слоя непригоден материал с примесью гравия и щебня. Тем более, что при последующем заполнении швов в них попадают достаточно мелкие фракции, которые могут легко вымываться дождем в подстилающий слой из крупнозернистого материала. Это приводит к потере устойчивости камней. Материал должен быть однородным и не содержать пылевидно-глинистых включений более 3 %. Следует предпочитать природные и дробленые пески. При технико-экономическом обосновании могут применяться пески из отсевов дробления I-го класса по ГОСТ 8736.

Подстилающий слой устраивается с тем же поперечным уклоном, который предусмотрен для поверхности покрытия.

Материал подстилающего слоя распределяется по поверхности основания вручную или механизированным способом.

Объем материала должен обеспечивать толщину подстилающего слоя не менее 3 см и не более 5 см в уплотненном состоянии в любом месте по площади покрытия.

Превышение толщины подстилающего слоя может явиться причиной дополнительных пластических деформаций в ходе эксплуатации.

При устройстве подстилающего слоя следует учитывать, что после строительной операции посадки камней поверхность покрытия должна возвышаться над верхом борта (бордюра) примерно на 0,5 см как запас на осадку покрытия в ходе эксплуатации.

При отсыпке подстилающего слоя дополнительно следует иметь запас по толщине на вибропосадку камней. Величина этого запаса зависит от формы и размера камней и материала монтажного слоя. Она устанавливается по месту. Для песка запас составляет примерно 1,0-1,5 см.

Если основание и подстилающий слой предусмотрены из цементно-песчаной смеси (не рекомендуется для бетонных камней и плит), то следует укладывать подстилающий слой через 3-5 суток после устройства основания с укладкой камней непосредственно после устройства подстилающего слоя.

Подстилающий слой должен быть спрофилирован до укладки камней. При механизированной укладке камней подстилающий слой следует прикатать ручным или легким катком с гладкими вальцами за 1-2 прохода.

Камни/плиты мощения следует укладывать на подготовленный подстилающий слой соблюдая ширину швов 3-5 мм согласно рисунку, установленному проектом и договором с поставщиком камней. Для фиксации одинаковой ширины швов на боковых гранях бетонных вибропрессованных камней и плит, как правило имеются специальные выступы. На некоторых видах изделий такие выступы технологически не выполняются (клинкер, вибропрессованные плиты для комбинированных покрытий и др.) таких выступов нет. Поэтому, для обеспечения швов (в противном случае на ребрах изделий могут возникнуть сколы) может быть использован шаблон (металлическая полоса и т. п.).

Ширина «зеленых» и дренирующих швов назначается проектом с учетом настоящих рекомендаций (см. п. 7.2.4).

После укладки первого ряда камней следует проверить соответствие укладки предварительной разметки, натянуть направляющий шнур в направлении наращивания рядов, а при сложном рисунке укладки – и в поперечном направлении.

Для выравнивания укладываемых камней на широких покрытиях направляющие шнуры следует натягивать на расстоянии примерно 3 м друг от друга. При укладке больших площадей целесообразно устанавливать направляющие шнуры в перпендикулярных направлениях.

Следует строго соблюдать прямой угол пересечения продольных и поперечных рядов, используя теодолит или простейшие инструменты (оптический зеркальный экер, длинный шнур-петлю с 12 узлами на равном расстоянии, треугольник со сторонами 3, 4 и 5 – и т.п.). Точность соблюдения угла следует проверять через каждые 1-3 м укладки покрытия.

Более подробно рассмотрим выполнение рисунка мощения “Елочка 45” вдоль оси движения, который является наиболее предпочтительным для большинства объектов (рис. 8.1 (а)). Рисунок “Елочка 45” может быть выполнен из прямоугольных камней типа “Брусчатка” или фигурных типа “UNI” (см. разделы 7.2.2 и 7.2.3).

Рисунок выполняется таким образом, чтобы камни, которые необходимо обрезать относительно бордюрного ряда, были достаточно большими и не в форме «стрел» или маленьких треугольников, чего следует избегать.

Первоначально выкладывается ряд поставленных на ребро камней, таким образом, чтобы они плотно прилегали к бордюрному ряду. Данные камни представляют собой временное средство для выдержки интервала и удаляются, как только несколько первых рядов будут уложены на место. Первый камень укладывается стандартным образом (горизонтально), один угол плотно прилегает к ряду поставленных на ребро камней и выровнен примерно под углом 45 градусов. Добавляется следующий камень 2 и выравнивается по верхней грани камня 1. Это задает положение для камня 3, который, в

свою очередь, определяет положение камня 4. Выравнивание этих первых четырех камней может понадобиться, чтобы подогнать их таким образом, чтобы обеспечить плотное прилегание верхнего угла камней 1 и 4 относительно ряда поставленной на ребро плитки, а затем по ним точно выравниваются камни 2 и 3.

Данная процедура повторяется для другой пары камней, под номерами 5 и 6, а затем для камней 7, 8, и т. д., работая по направлению слева направо, обеспечивая в каждом случае гарантированное плотное прилегание верхнего угла первого ряда блоков относительно ряда поставленной на ребро «брусчатки» и точное позиционирование для получения квадратной формы и ровных швов. Таким образом, камни 1 – 28, образует первый орнамент, который идет параллельно ряду поставленной на ребро «брусчатки».

Теперь камни можно укладывать рядами, идущими слева направо, покрывая довольно быстро выравнивающий (монтажный) слой основания. Обратите внимание, что третий ряд начинается с правого конца, камни последовательно укладываются слева направо, а затем четвертый ряд камней выкладывается справа налево. Начиная с данной точки, направление выкладывания каждого последующего ряда будет чередоваться, как показано.

В заключении, временно уложенные на ребро камни, можно вынуть и обрезать по необходимому размеру.

При работах по мощению возникает необходимость выполнять примыкания к различным элементам – это могут быть канализационные и смотровые люки, столбы ограждений, остановочных павильонов, бортовые камни и т. д. От качества выполнения примыканий зависит долговечность всего покрытия. Примыкания выполняются путем подрезки камней до необходимых размеров. Неточно подогнанные или плохо закрепленные доборные элементы (части камня/плиты после подрезки) под действием внешних нагрузок могут потерять устойчивое положение и быть вынесены с дорожного покрытия. Это может нарушить заклинку соседних камней и способствовать разрушению всего покрытия.

Значительно уменьшить количество доборных камней и как следствие, сократить операции по резке камней можно на этапе проектирования, назначая оптимальный рисунок раскладки и ширину мощения.

При устройстве примыканий следует руководствоваться следующими правилами:

−ни одна отрезанная часть камня/плиты не должна быть меньше четверти полноразмерного камня/плиты;

−нельзя использовать обрезанные камни (плиты), если оставшаяся их короткая сторона не соответствует минимум половине длины большей стороны необрезанного камня (плиты);

−обрезанные камни и плиты не должны иметь острых углов (менее 45 градусов).

Выполнение выше указанных правил влечет изменения рисунка раскладки в зоне примыкания (рис.8.1(б)).

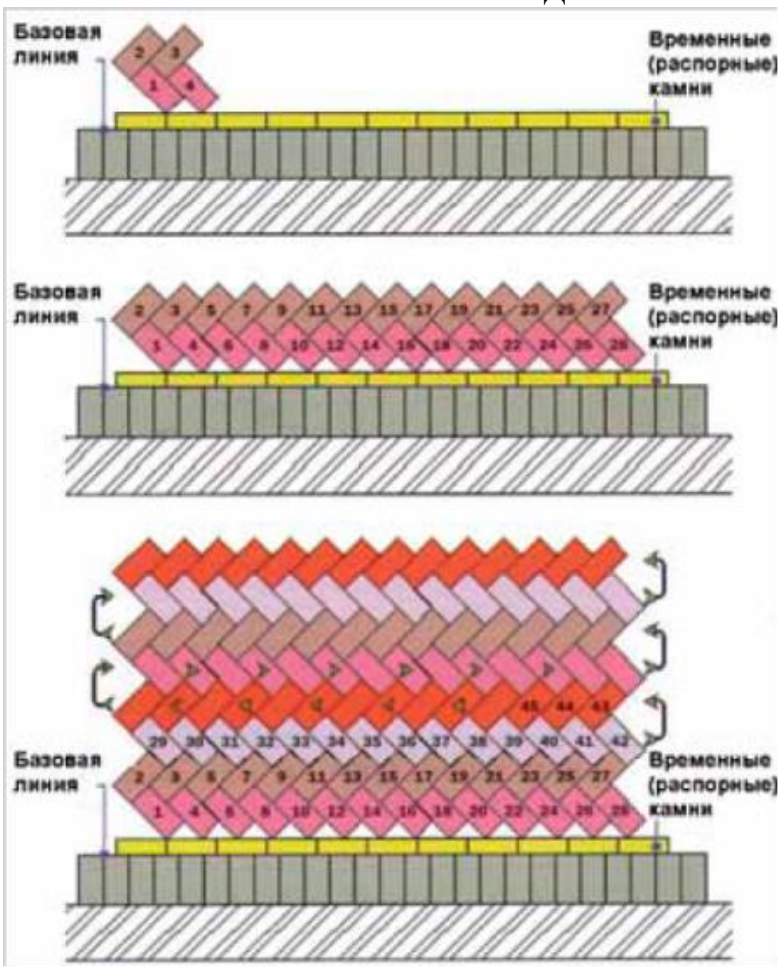


Рисунок 8.1 (а) - Схема мощения рисунком “ёлочка 45 °”.

Для резки камней следует применять калиберные резаки (гильотины). В отличие от пил с алмазным диском резка камня таким инструментом происходит практически бесшумно и при этом не выделяется пыль. Калиберные резаки могут быть установлены непосредственно на участках мощения, где необходимо выполнять примыкания, что очень удобно для производства работ

После укладки камней в покрытие следует прочно посадить их на место либо вручную (ударами через деревянную, пластиковую или резиновую прокладку), либо с помощью кратковременной вибрации ручной виброплитой.

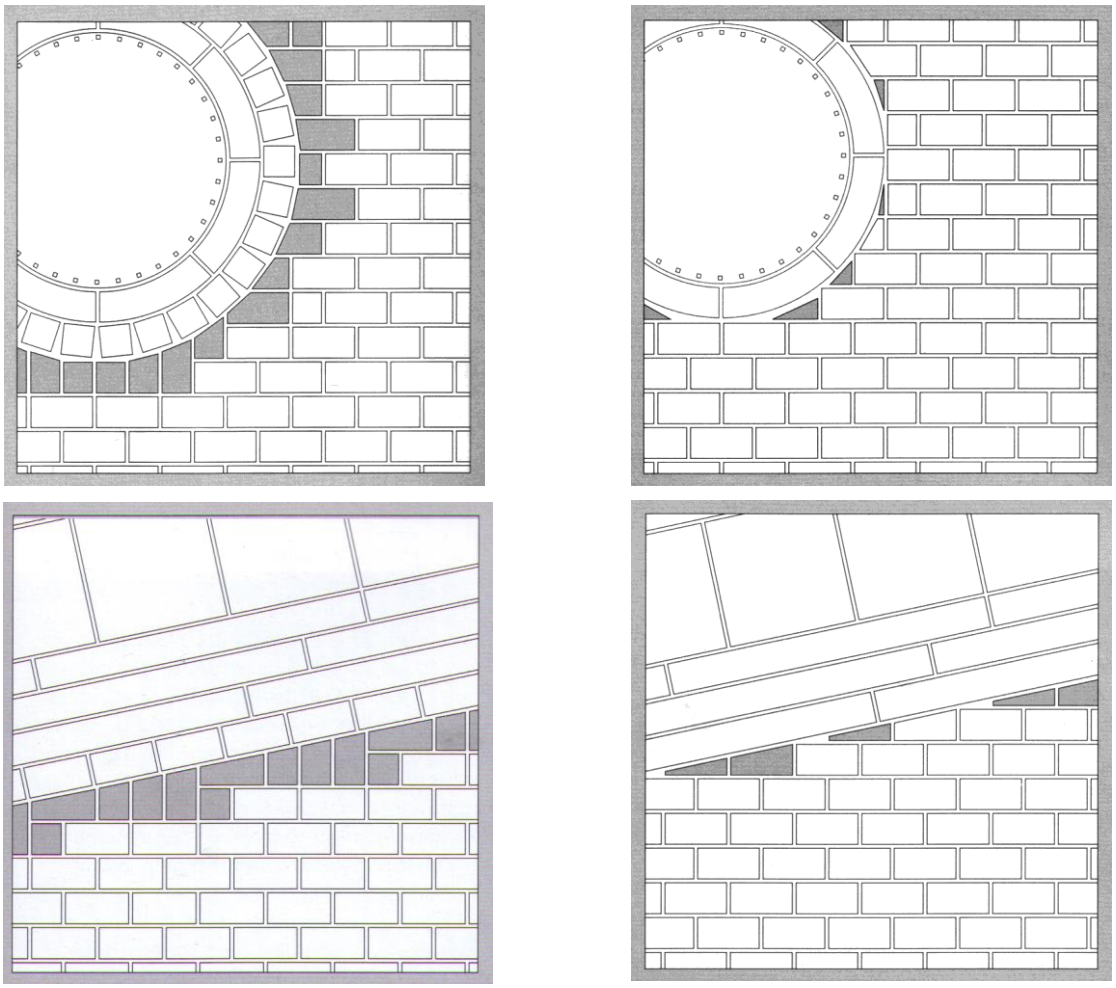
Предварительную посадку следует производить от краев покрытия к середине. Необходимо помнить, что вибропосадка должна быть произведена до занятия камнями прочного устойчивого положения.

Заполнение швов должно производиться параллельно с укладкой. Для заполнения могут использоваться:

1) Природный песок, дробленый песок или смеси различных видов песка по ГОСТ 8736 со степенью неоднородности не более 10 и содержащий не более 10 % зерен более 5 мм при отсутствии зерен крупнее 10 мм. Подрядчик может использовать песок и с большей степенью неоднородности, но заказчик вправе не оплачивать дополнительные работы по уборке непригодных фракций и дополнительным россыпям песка, кроме песков, предусмотренных настоящими Рекомендациями.

2) Песок, с последующей обработкой составами на основе полиуретана (стабилизаторами песка).

«Зеленые» швы следует заполнять песчано-гравийной смесью или смесью песка со щебнем фракций 0-10 мм, перемешанной с растительным грунтом в отношении примерно 1:1.



ПРАВИЛЬНО НЕ ПРАВИЛЬНО

Рисунок 8.1 (б) — Примеры выполнения примыканий

Песок в сухом состоянии следует равномерно распределить по поверхности уложенного и предварительно посаженного покрытия и с помощью сметок ввести в швы до полного их заполнения. Лишний материал заполнения следует удалить с покрытия перед окончательной посадкой камней.

Расход материала зависит от размеров и формы камней и вида самого материала. Приближенно его можно определить по формуле из раздела 7.2.4.

Окончательную посадку камней следует производить с помощью ручной виброплиты, по возможности в сухую погоду, до прекращения видимых осадок камней.
Для посадки камней используется ручная виброплита с возмущающей силой менее 20 кН.
Если используются камни с текстурированной или цветной поверхностью, а также камни сложной конфигурации в плане, то вибрационная техника, применяемая для вибропосадки покрытия, должна соответствовать рекомендациям производителей камней. Если рекомендуются виброплиты с пластиковыми подкладками, то нужно иметь в виду, что часть энергии будет гаситься.

Использование виброкатков для посадки запрещается. Также запрещается использование тяжелой виброплиты из-за светлых продольных полос на покрытии,

образующихся на покрытии и соответствующих пути перемещения виброплиты. При образовании таких полос вибропосадку следует немедленно прекратить и сменить виброплиту на виброплиту меньшей массы.

Перед проведением вибропосадки покрытие и подошва виброплиты должны быть вычищены. Вибропосадку (особенно цветных и текстурированных камней) не следует производить при влажном покрытии. В этом случае возможно появление на камнях пылевых и грязевых пятен. Это происходит из-за образующейся под виброплитой массы, напоминающую по консистенции жевательную резинку, которая удаляется с поверхности покрытия с трудом.

Для выправления положения камня запрещается прилагать к нему усилия, неперпендикулярные к его поверхности.

Недопустимо подвергать вибропосадке покрытие, устанавливая виброплиту:

-на линию перелома в месте сопряжения плоскостей с разными уклонами;

-на зону стыка камней, уложенных на песок, с камнями, уложенными на раствор или бетон (в месте сопряжения с люками подземных коммуникаций и т.д.);

-на камни, имеющие частичные обнажения боковых граней (на съездах, примыканиях и т.п.).

В таких местах окончательную посадку покрытия следует производить, осторожно подводя к ним виброплиту с разных сторон, а также вручную.

При производстве работ по предварительной и окончательной посадке камней следует помнить, что плиты/камни с соотношением максимального размера в плане к высоте 4 и более подвергать вибрации недопустимо. После окончательной посадки необходимо снова заделать швы.

Не рекомендуется оставлять излишний песок на покрытии, так он является источником пыли и загрязнения.

Для работ по устройству покрытия рекомендуется применять профессиональный инструмент и средства механизации работ: захваты для камней, разметчики, прямые углы, захваты для выемки камня, направляющие ломы для выравнивания рядов мощения.

Механизированные укладчики (например, “Optimas”, “Probst”) применяются для мощения больших территорий простых конфигураций, где не требуется создание художественных рисунков мощения. Такие машины, имеют сменное навесное оборудование для заполнения и затирки швов, установки бортового камня и планировки основания.

8.3.2 Мощение естественной брусчаткой и шашкой

Исторически брусчатка укладывалась на подстилающий слой из песка: при песчаном основании толщина слоя делалась 25 см, при щебеночном 18 см, а при бетонном 5 см. Для заполнения швов применялся битум или цементный раствор.

Мощение начинают с установки бортовых камней и устройства водосборных лотков. При наличии на участке мощения колодцев, для того чтобы избавится от околки брусчатки, вокруг колодца укладывают два ряда мозаиковой шашки [11].

Брусчатку перед укладкой обязательно сортируют непосредственно на объекте строительства — отбирают такую, которая по высоте имеет различие не более 1 см, а по ширине не более 0,5 см.;

Укладка брусчатки ведется по всей ширине мостовой от основания, от борта к середине дороги, если имеется продольный уклон, - то снизу-вверх. Первоначально укладываются отдельные бруски, по которым должна равняться вся мостовая. Эти камни называют «маяками». Маяки укладывают вдоль каждого третьего ряда на расстоянии 5 м друг от друга.

При мощении с использованием песка в качестве подстилающего слоя запрещается производить выравнивание поверхности мостовой ударом молотка. Это достигается

подсыпкой или выборкой песка из-под брусчатки, иначе от действия внешних нагрузок мостовая будет осаживаться неравномерно.

Бруски укладывают длинной стороной поперек дороги. В соседних рядах необходимо соблюдать перевязку швов не менее чем на 1/3 длины брусчатки. Камни должны плотно подгоняться друг к другу. При этом ширина шва не должна превышать 1 см. Ряды должны быть прямолинейные. Проверку прямолинейности рядов проверяют при помощи угольника, упирая его короткую сторону в бортовой камень. При этом длинная сторона угольника покажет требуемое направление ряда брусчатки.

Прямолинейность рядов можно проверить также с помощью шнура. Для этого через каждые 5 м по длине мостовой натягивают шнур перпендикулярно к борту. Отклонение рядов не должно превышать 1 см на 1 м.

На перекрестках дорог брусчатка укладывается под углом 45° к осям, пересекающим проезжие части. Это делается для того, чтобы избежать прохода колес транспорта вдоль швов.

По окончании мощения мостовую засыпают сухим песком. Для лучшего заполнения швов засыпку производят в сухую погоду. После этого мостовую уплотняют с помощью трамбовок. Трамбование ведется с краев. Вначале осаживают так называемые маяки, а затем производят сплошное трамбование всей мостовой.

Брусчатку, просевшую более другой, вынимают, подсыпают песок, снова укладывают и тщательно трамбуют. Расколовшиеся камни заменяют новыми.

Окончательное уплотнение мостовой производится укаткой катками 9-10 т. Укатка производится за четыре-пять проходов по одному и тому же месту. После окончательного уплотнения мостовой производится заделка швов битумом или цементным раствором. На песчаном основании рекомендуется заполнять швы битумом. Битум дает возможность перемещаться камням в вертикальной плоскости.

Мозаиковая шашка имеет меньшие размеры по сравнению с брусчаткой. Мощение мозаиковой шашкой производится прямыми рядами и дугами. Мощение прямыми рядами применяют в основном на менее ответственных местах. Например, при устройстве въездов во дворы шашка укладывается таким же способом, что и брусчатка.

При устройстве покрытия проезжей части улицы применяется более эффективный способ — мощение по дугам круга с обеспечением перевязки швов соседних рядов. При этом обязательным приспособлением служит деревянный шаблон. Размеры шаблона применяют разные - в зависимости от сорта шашки (табл.8.2).

К мощению по дугам приступают после устройства лотков, которые выполняют из брусчатки в два-три ряда. Если имеются колодцы, то вокруг них производят мощение шашкой. Одновременно с этим производят тщательную сортировку мозаиковой шашки, отбрасывая негодную. При укладке мозаиковой шашки мостовщик работает стоя на основании.

Таблица 8.2 – Размеры шаблонов для мощения по дугам

Сорт шашки	Размер шашки по лицу, см	Длина хорды, м	Стрела дуги, см	Радиус дуги, м
Низкая	8-10	1,1 -1,4	20-30	0,8-1
Высокая	9-60	1,1-1,6	25-35	0,9-1,5

Мощение по дугам требует, чтобы каждые две смежные дуги опирались на одну так называемую пятовую шашку. Все пятовые шашки должны находиться на одной прямой параллельно дороге. Центры дуг также должны быть расположены по прямым, параллельным дороге.

Длина хорды должна быть принята такой, чтобы мостовая по ширине состояла из целого числа дуг. Например, ширина проезжей части составляет 7 м. Ее предстоит замостить низкой шашкой. Для низкой шашки, согласно табл.8.2 длина хорды равна 1,1 - 1,4 м. Подбираем длину хорды или полосу мощению такую, чтобы ширина проезжей части в 7 м делилась без остатка. Такой длиной хорды или полосой мощения является 1,4 м. Делим ширину проезжей части улицу на длину хорды и получаем пять полос. Следовательно, мы будем мостить четыре полосы по полным длинам хорд — 1,4 м и две полосы по половинным хордам- 0,7 м, которые будут располагаться по краям проезжей части мостовой. Разбивку дуг делают так. В начале мостовой на подготовленном основании укладывают шаблон выпуклостью дуги по направлению движения транспорта. Впереди шаблона, метрах в 10, укладывают поперек мостовую доску, на которой откладывают хорды в соответствии с шаблоном. В концах хорд на доске и шаблоне забивают гвозди, указывающие положение пятовых шашек. По гвоздям натягивают шнуры.

Затем начинают укладывать пятовые шашки. Эти шашки должны быть по лицу меньше других. Укладывают их по протянутому шнуру от шаблона и доски. Вслед за пятовыми камнями укладывают мозаиковую шашку вдоль шаблона с постепенным увеличением ее размеров. Последующие ряды укладывают впритык к первому, но с обязательным соблюдением перевязки швов, ширина которых не должна быть больше 0,5-1 см. Правильность укладки рядов надо все время проверять шаблоном.

Большое внимание должно быть обращено на закрепление краев мозаиковой мостовой, которая устроена из мелкого камня и может быть легко разрушена. Чтобы этого не случилось, половинные дуги обеспечивают примыкание шашки с брусчаткой, уложенной по линии бортового камня или водосборного лотка под прямым углом. Таким образом, шашка примыкает к этим элементам всей боковой поверхностью и этим достигается надежное закрепление дуг.

При значительных продольных уклонах мостовой дуги должны быть обращены выпуклостями вверх. Поперечный уклон мозаиковой мостовой должен быть 1-2%.

После того как произведена укладка мозаиковой шашки, ее тщательно трамбуют и швы заделывают цементным раствором.

8.3.3 Мощение булыжником

Мощение булыжником включает в себя следующие операции [5,11,20]:

- подготовка основания;
- сортировка булыжника по высоте и ширине (в плане);
- укладка булыжника, расщебенка пустот, трамбование, засыпка песком и укатка.

Камни для мощения предварительно сортируют по размерам и укладывают на расстоянии 30-40 см от мостовщика. Сортировка камня производится по размерам для того, чтобы обеспечить одинаковую работу любых двух камней, рядом поставленных в проезжую часть дороги. При этом сортировку камня надо вести не только по высоте, но и по размерам в плане. Если же ограничиться сортировкой камня только по высоте, то камни, которые окажутся одинаковыми по высоте, а в плане будут иметь малую площадь, будут под действием колес осаживаться больше, чем камни имеющие большую площадь.

Надо отбрасывать в сторону и такие камни, которые имеют слишком округлую форму. Камни такой формы, уложенные в покрытие, будут меньше поддаваться осадке по сравнению с соседними и стечением времени выступят из плоскости мостовой.

При слабом и среднем движении камень для мощения применяется высотой от 12 до 18 см, который укладывается на песчаное основание. При тяжелом движении транспорта устраивают щебеночное основание и применяют булыжник высотой 11-15 см. Промежуточный слой между покрытием и щебеночным основанием устраивают из песка толщиной 9 см.

По колышкам, выставленным у бортов, натягивают шнур, определяющий границы и высоту мостовой. Затем по шнуру и визиркам устанавливают через каждые 2-3 м маячные камни. После установки маячных камней между ними укладывают промежуточные камни так, чтобы наружные верхние ребра камней точно совпадали со шнуром.

Камень становится обязательно с перевязкой швов. Нельзя устанавливать камень цепочкой, без перевязки швов в продольном направлении. Поставленный таким образом камень под действием колес транспорта может быть легко выбит из мсотовой, так как все давление будет передано лишь на один ряд камней.

Продольные швы можно допустить на длину не более двух камней. При устройстве мостовой из булыжного камня применяется укладка в «разномет», т. е. с соблюдением перевязки швов как в продольном, так и в поперечном направлении.

Камень надо укладывать в песчаное основание “тычком” строго вертикально как на горизонтальном участке, так и на уклоне.

После укладки камней производят трамбовку мостовой, затем расщебенку щебнем-клинцом размером от 15 до 25 см. Щебень клинец в количестве 1-1,5 м. куб. рассыпают по поверхности, равной 100 $м^2$ и разметают по покрытию. В современных условиях, вместо щебня можно использовать растворы для заполнения швов на основе вяжущих.

При приемке мостовой обычно проверяют ее качество. Плотность мощения проверяют путем взламывания участка площадью 1,5 – 2 $м^2$ и повторного замощения мостовой тем же камнем. Если в зазор между камнями загнать лом и наклонить его в сторону и при этом поднимется только два-три камня, то такая мостовая выполнена неудовлетворительно. Если при наклонении лома поднимается вся прилегающая к нему площадь диаметром около метра, то такую мостовую можно считать хорошей.

При пробном трамбовании булыжный камень не должен давать осадку под действием трамбовки весом 35 кг.

Отдельные высоты на поверхности мостовой не должны превышать 1 см при длине рейки 3 м.

По окончании приемки мостовую засыпают слоем песка, достаточным для полного заполнения швов. Толщина слоя должна быть 1-1,5 см. Если первый слой песка окажется недостаточным, надо засыпать мостовую вторым слоем.

Перед открытием движения излишек песка следует убрать, так как оставшийся песок на мостовой явится источником пыли. В сухую погоду мостовую следует поливать водой.

При мощении булыжником швы первоначально расклинивают щебнем-клинцом размером от 15 до 25 см, а затем размером 5 -15 мм. После приемки мостовую засыпают слоем песка, достаточным для полного заполнения швов. Толщина слоя должна быть 1-1,5 см. Промежуточный слой между щебеночным основанием и покрытием устраивают из песка толщиной 9 см.

Основные правила булыжного мощения, следующие [20]:

1) Камень должен сажаться на место в песок насухо, с полным прижатием к ранее установленным камням, без прослойки песка между ними, препятствующей постановке следующих камней.

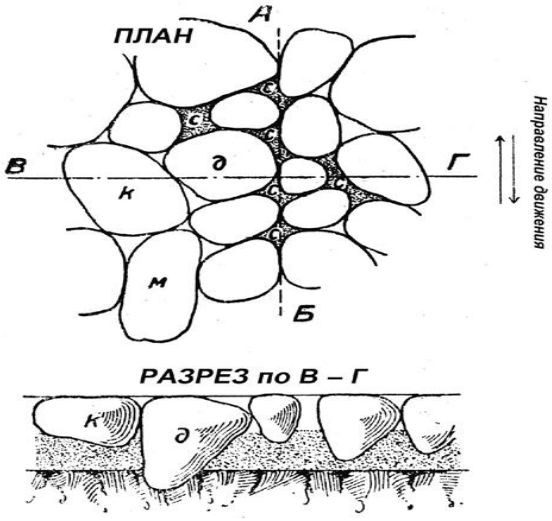
2) Промежутки между камнями заполняются мелкофракционным щебнем.

3) Камень (однообразный по высоте с соседним) должен сажаться суженным концом вниз (тычком), без навалки и укрепляться в устойчивое положение ударом молотка.

4) Камень должен ставиться так, чтобы он соприкасался с окружающими его камнями не менее, чем в трех точках, рассоложенных по его периметру, а не сосредоточенных в какой-нибудь одной его части. Не допускается укладка камней с оставлением четырехугольных зазоров между ними; зазоры должны быть треугольными и иметь наименьший возможный по величине размер.

Правила проиллюстрированы на рис.8.2 (а, б). Порядок мощения при различных профилях дорожного покрытия показан на рис.8.3.

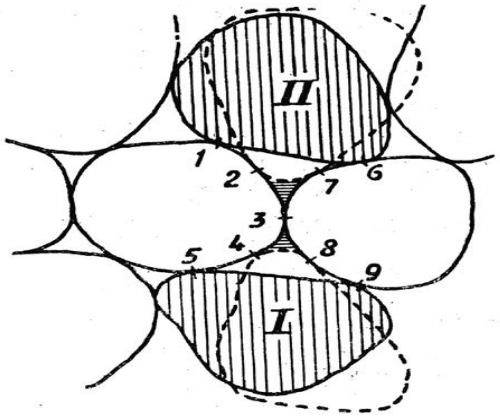
При несоблюдении вышеуказанных правил, возможна потеря устойчивости отдельных камней в дорожном покрытии, их выжимание под ударами колеса и, как следствие, разрушение целых участков мостовой.



Недочёты:

1) По линии А-Б сквозной шов по направлению движения;
2) Четырёхугольные зазоры “*с*”;
3) Плохая сортировка камней по величине в плане;
4) Плохая сортировка камней по высоте;
5) Камень “*д*” чрезмерной высоты по сравнению со средней высотой остальных камней (врезался в грунт) и кроме того установлен в неустойчивое положение;
6) Камень “*к*” уложен плашмя;
7) Имеющий в плане форму камень “*м*” уложен по направлению движения.

Рисунок 8.2, а - Пример неправильного мощения булыжником



Заштрихованные камни *I* и *II*, имеющие угловатую форму, уложены с недостаточной возможной плотностью: пунктиром показана более правильная укладка их в плане, чем достигнуто уменьшение пустот между одними и теми же камнями до минимума, а именно: вместо больших пустот 1-6-7-3-2-1 и 3-8-9-5-4-3 получены значительно меньшие зазоры 2-7-3-2 и 3-8-4-3, т.е. более плотное мощение.

Рисунок 8.2, б - Пример правильного мощения булыжником

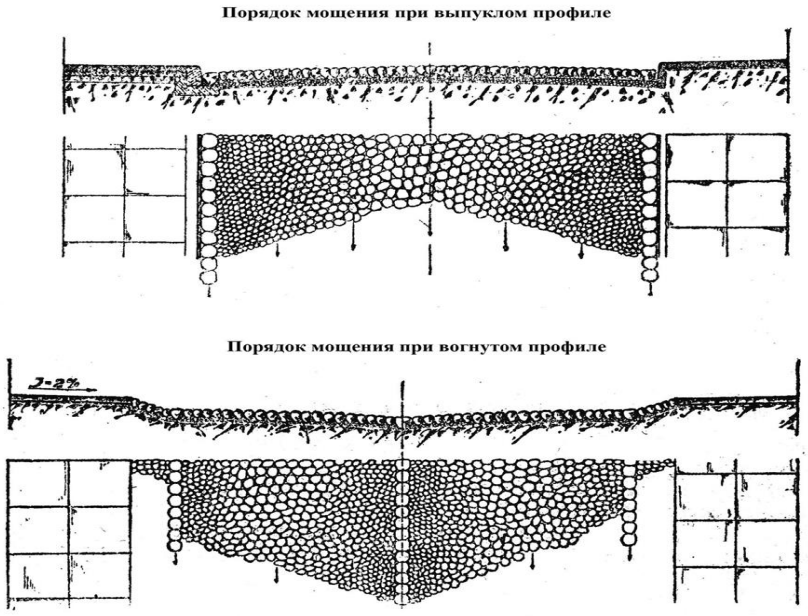


Рисунок 8.3 - Мощение булыжником при различных профилях дорожного покрытия

8.4 Устройство связанных покрытий с применением растворов на основе вяжущих

На объект строительства растворы могут поставляться в мешках в виде сухой смеси, в мешках в комплекте с отвердителями или в готовом виде в вакуумных упаковках (банках) небольшой емкости. На объекты строительства, где площадь мощения достаточно большая, растворы доставляются в специальных емкостях - силосах. Использование силоса позволяет оптимизировать технологический процесс мощения, повысить экологическую культуру при производстве работ (отсутствует пыль и грязь, которые образуются при использовании бумажных мешков).

Для максимального эффекта сцепления между поверхностью несущего слоя и подстилающего слоя, выполненного с использованием вяжущих, а также с целью уменьшения деформируемости дорожного покрытия следует отказаться от геосинтетического полотна поверх несущего слоя.

Перед началом работ на всей площади мощения рекомендуется выполнить небольшие фрагменты покрытий (тестовые участки) для отработки технологии и уточнения ожидаемого эстетического эффекта от цвета раствора.

При устройстве подстилающего слоя из трассового дренажного раствора должны быть выполнены следующие указания [10].

1) Раствор смешивается в обычной гравитационной или лопастной бетономешалке с ~ 7% чистой воды (~ 2,8 л на упаковку весом 40 кг) до получения от землистовлажной до слабопластичной консистенции без комков. Всегда следует замешивать весь мешок целиком!

2) Жесткое основание (например, бетонное) для улучшения адгезионных свойств раствора рекомендуется предварительно обработать адгезионным раствором.

3) Трассовый дренажный раствор следует равномерно распределить по подготовленной поверхности в технике «свежее по свежему» и уплотнить. В случае укладки плит из натурального камня или брусчатки одинакового размера слой раствора можно заровнять маячной планкой до желаемой толщины.

4) Камни/плиты должны быть очищены от пыли и загрязнений, а также при необходимости от шлама, возникающего при их резке. Эта операция имеет большое

значение для достижения достаточной прочности сцепления между камнями/плитами и раствором для подстилающего слоя. Для улучшения адгезии изнаночные поверхности камней/плит обрабатываются адгезионным раствором.

5) После укладки камни/плиты выравниваются по высоте резиновым молотком. Швы могут быть заполнены материалом подстилающего слоя не более чем на 1/3 толщины камней или плит. Для камней с номинальной толщиной ≤ 30 мм материал подстилающего слоя не должен подниматься в швы. После укладки камни/плиты подправлять (придавливать) не рекомендуется. Во время работ по укладке следует тщательно очищать покрытие от остатков раствора и прочих загрязнений.

6) Если изнаночная сторона плит имеет неровный рельеф, например, необработанные плиты из натурального камня, то их можно укладывать спустя 3 дня на зачищенный слой дренажного раствора с помощью специальных растворов для природного камня. При этом не следует допускать проникновения раствора в швы.

7) Свежеуложенный раствор требуется предохранять от высыхания и от воздействия неблагоприятных погодных условий: мороза, сквозняка, прямых воздействий солнечных лучей и ливня. В случае необходимости следует закрыть раствор пленкой. Не разрешается проводить строительные работы при температуре воздуха и основания ниже + 5 ºС и выше + 30 ºС.

8) С целью достижения достаточной прочности раствора подстилающего слоя покрытие нельзя подвергать транспортной нагрузке. Пешеходная нагрузка, вызванная хождением строителей с целью заполнения швов допустима, но не ранее чем через примерно 24-48 часов. При неблагоприятных погодных условиях может потребоваться более длительное время.

При применении растворов для заполнения швов следует руководствоваться следующими положениями [10].

1) Момент расшивки швов зависит от применяемых материалов, погодных условий и прочности раствора для подстилающего слоя. При благоприятных погодных условиях (+20 / 65% относительной влажности воздуха)) заполнение швов возможно производить через 24 часа после устройства подстилающего слоя и устройства мощения. Для использования растворов на основе вяжущих требуется достаточно высокая температура наружного воздуха, основания, а также укладываемых материалов. Для растворов на основе гидравлических вяжущих (водонепроницаемых) допустимая температура укладки составляет от 5 до 30 ºС для растворов на основе вяжущих из синтетических смол (водопроницаеых) - от +8 до 25 ºС. Несоблюдение указаний по температурному режиму для выполнения работ по заполнению швов, отсутствие укрытия только что заполненных раствором швов от атмосферных осадков приводит к нарушению эстетического вида мощения. Такие дефекты трудно устраняются.

2) Консистенция раствора должна быть такой, чтобы обеспечивалось полное заполнение швов. Время перемешивания раствора для заполнения швов должно составлять не менее 3-4 мин.

3) Перед заполнение швов их необходимо очистить от грязи и пыли.

4) Независимо от ширины, швы должны быть полностью заполнены до высоты 1-3 мм ниже поверхности покрытия или нижнего края фаски. При использовании камней/плит с фаской или скругленными гранями необходимо следить за тем, чтобы пространство шва было заполнено только до нижнего края фаски/скругления.

5) После расшивки швов, через установленное в инструкции к растворам время, покрытие необходимо тщательно очистить. Водопроницаемые растворы с вяжущими на основе реактивных смол счищаются с поверхности камней/плит щетками, а водонепроницаемые растворы с гидравлическим вяжущим – водой. При использовании воды необходимо следить за тем, чтобы очистка не вызвала потерю прочности раствора для заполнения швов и раствор из швов не вымывался. Застой воды в швах недопустим и может привести к белесым налетам на покрытии. Для удаления излишков воды

используются губки.

6) До достижения достаточной прочности раствора для заполнения швов дорожное покрытие по возможности следует оградить от движения на строительной площадке, пешеходного и транспортного движения.

7) Как правило, обработанная поверхность пригодна для хождения спустя ~ 24 часа и выдерживает полную нагрузку спустя ~ 7 дней. (Данная информация действительна при проведении работ в нормальных условиях (+20 ºС / 65% относительной влажности воздуха)). В случае транспортных нагрузок - движение легкового транспорта малой интенсивности может быть разрешено не ранее, чем через 7 дней. Движение транспорта с высокой интенсивностью может быть разрешено спустя 28 дней.

8) При необходимости (осадки, возможности попадание грязи и т. п.) покрытие со свежими расшитыми швами следует укрыть. При закрывании полиэтиленовой пленкой необходимо обеспечить достаточное проветривание поверхности под пленкой (не следует укладывать пленку непосредственно на брусчатку).

8.5 Поверхностная обработка мощения гидрофобизаторами и стабилизаторами песка для швов

Гидрофобизирующие составы наносятся кистью, валиком или распылителем достаточно обильно, но без образования потеков. Особое внимание следует уделить обработке дефектов поверхности (сколов, глубоких царапин). При нанесении состава в два слоя, второй наносится после впитывания, но до начала высыхания первого (обычно через 5-15 минут). При обработке мощения из природного и искусственного камня особое внимание следует уделить впитываемости гидрофобизатора в материал. При низкой впитывающей способности покрытия излишки гидрофобизирующего состава следует удалить до его высыхания мягкой тканью или губкой. При использовании очистителей и гидрофобизаторов следует соблюдать указания производителей составов. Перед началом обработки всего покрытия следует произвести пробную обработку на небольшом участке.

При применении стабилизатора песка для несвязанных покрытий следует:

– Убедиться, что покрытие должным образом очищено от грязи и пыли, на нем нет излишков песка, поверхность мощения и песок находятся в сухом состоянии.

– Убедиться, что нет риска выпадения осадков в ближайшие 8 часов. Материал запрещается наносить на покрытие при температура ниже 3^{o} С или выше 30^{o} С.

– Наносить материал на поверхность необходимо с помощью лейки (с разбрызгивателем). Все излишки материала удаляются с помощью резинового валика

– Необходимо точно соблюдать указанную производителем дозировку материала при нанесении – для обеспечения стабилизации соединения (обычно 1 литр/2 $м^2$).

– Два слоя материала рекомендуется наносить для предотвращения инфильтрации топлива/воды в местах возможного попадения на покрытие горюче-смазочных материалов, где необходимо выполнить гидроизоляцию швов. Интервал между нанесением слоев — минимум 3 часа, максимум 24 часа.

– Нельзя ходить по покрытию в течение 3 часов после нанесения материала. Въезд автомобильного транспорта на обработанную поверхность запрещен в течение 24 часов.

При применении стабилизатора песка на мощении, которое уже эксплуатировалось, надо тщательно очистить его поверхность воздухом под высоким давлением. Необходимо удалить всю растительность из швов (сорняки, траву, мхи), все пятна от продуктов питания и напитков, а также любые другие загрязнения поверхности. Иногда, процесс чистки или обработки поверхности давлением может активировать процессы высолообразования и вызвать появление на поверхности мощения известкового налета. В таком случае после очистки необходимо выдержать 2 недели, прежде чем наносить

стабилизатор, чтобы высушить поверхность и проверить, не образовался ли повторно известковый налет.

Старый песок из швов между плитами/камнями должен быть удален на максимальную возможную высоту шва и заменен на новый сухой. После этого на дорожное покрытие наносится слой стабилизатора в соответствии с указаниями по применению описанными выше.

8.6 Особенности мощения в зимнее время

При устройстве покрытий в зимнее время следует заранее, до наступления заморозков, подготовить земляное полотно, подстилающий слой и основание под покрытие. Устройство покрытия из плит/камней мощения на замерзшем грунте земляного полотна не допускается. Для ускорения оттаивания основания, следует избегать применения составов, которые могут дополнительно способствовать возникновению высолов на поверхности плит/камней мощения. Производить укладку плит/камней при температуре ниже -15 °С не разрешается.

На предварительно очищенное от снежного покрова основание устанавливается тепляк-укрытие высотой 1,5 м, внутри которого устанавливаются теплогенераторы для прогрева основания. Прогрев основания ведется в течение двух суток при температуре внутри тепляка не менее + 15 градусов. В ходе процесса слой основания должен быть полностью прогрет на глубину 0,4-0,5 м. Факт прогрева основания устанавливается путем устройства шурфов по всей площади прогрева с шагом 2х2 м. Материалы, необходимые для мощения на этой площади завозятся вовнутрь тепляка и также прогреваются до плюсовой температуры.

По окончании прогрева основания производится замена тепляка высотой 1,5 м на тепляк высотой 2,5 м. с установкой теплогенератора для поддержания внутри тепляка температуры в пределах +5 градусов. В этом укрытии выполняются работы по мощению. Укладка покрытия ведется на сухую пескоцементную смесь влажностью не более 1 %, песок или раствор. Для заполнения швов используется мелкий песок, который предварительно просушивается до приобретения влажности не более 1 % и просеивается на сите с ячейкой не более 3 мм. При использовании растворов для устройства монтажного (выравнивающего) слоя и заполнения швов следует соблюдать указания производителей.

По завершении работ тепляк переставляется на следующую (после прогрева основания) захватку для последующего мощения. Над замощенной площадью устанавливается укрытие-тепляк высотой 1,5 м., внутри которого с помощью теплогенератора поддерживается температура + 5 градусов. Такой тепловой режим поддерживается с целью проведения операций по окончательному заполнению швов.

При укладке плит/камней на бетонное основание в зимнее время поверхность его должна быть тщательно очищена от грязи, снега и льда и затем прогрета. Очистку и прогрев бетонного основания можно производить при помощи газовых горелок, применяемых для устройства наплавляемых кровель, а также нагретым до температуры 180 - 200 °С горячим песком, который укладывают слоем толщиной 5 - 7 мм, с последующим его удалением.

По очищенному и подогретому бетонному основанию укладывают выравнивающий слой подогретой до 35 °С цементно-песчаной смеси толщиной до 20 мм.

Работы по мощению во время сильного снегопада прекращаются. Подготовленные участки выравнивающего слоя укрываются передвижными навесами, брезентом или соломенными матами.

При заполнении швов следует предварительно прогреть места сопряжений камней/плит и заполнить их подогретой до 35 °С цементно-песчаной смесью, песком или растворами с соблюдением указаний их производителей.

8.7 Контроль качества и приемка дорожных покрытий

При строительстве особое внимание следует уделять: контролю плотности грунта в пределах сжимаемого слоя; использованию отвечающих техническим требованиям материалов и изделий; выполнению правил производства работ и др.

Требования к камням и плитам мощения установлены в СТО 58357155-001-2016 “Камни и плиты мощения бетонные вибропрессованные. Технические условия”. Отбор образцов на объекте строительства осуществляется согласно следующим рекомендациям:

- Для испытаний на прочность отбирают не менее 5 изделий с каждых 100 кв. м. покрытия для искусственных камней класса А и с каждых 150 квадратных метров класса В.
- При оптовой поставке изделий для дорожных покрытий на строительных объектах все образцы должны отбираться непосредственно перед укладкой из числа изделий, предназначенных для укладки каждых 10…30 кв. м.
- Не допускается отбор изделий из одного и того же ряда одного и того же транспортного поддона (пакета).
- Время и место предполагаемой укладки каждого из взятых изделий должны быть зафиксированы в сопроводительной документации, которая должна храниться в службе контроля (лаборатории) вместе с результатами испытания.
- В случае, если потребитель при заказе не указывает точное время и место укладки изделий в сборное покрытие, изготовитель может принять иной порядок отбора образцов для испытания прочности, согласовав его с потребителем.
- Общее количество образцов должно обеспечить проведение испытаний по всем нормируемым показателям качества.

К производству работ по мощению дорожных покрытий следует привлекать квалифицированных мостовщиков. Мостовщики должны иметь необходимую квалификацию согласно профессионального стандарта “Мостовщик” (Приказ Минтруда РФ от 22.12.2014 г № 1096н “Об утверждении профессионального стандарта “Мостовщик”).

Контроль и приемка работ по устройству земляного полотна и слоев основания должны осуществляться согласно СНиП 3.06.03 и дополнительно указаниям, приведенным в настоящих Рекомендациях (см. раздел 8). На контролируемые параметры каждого слоя для оценки их качества должны производится соответствующие замеры (например, толщин слоев, ровности, коэффициента уплотнения, модуля крупности песка и т.д.), результаты которых должны оформляться Актами и Протоколами. Для проверки качества устройства слоев основания применяются приборы экспресс-контроля, выполняются штамповые испытания.

Состав операций и средства контроля при устройстве дорожных покрытий тротуаров и дорожек из искусственных и естественных плит/камней приведены в таблице 8.3.

При приемке дорожного покрытия следует контролировать швы, высотное положение, ровность, поперечный уклон, а также внешний вид камней. Качество камней должно быть подтверждено документом о качестве и может быть проверено на соответствие нормативному документу на изделие лабораторией заказчика, либо сторонней лабораторией по договору с заказчиком в рамках входного контроля.

Качество покрытия тротуара (площадки) из искусственных камней при приемке должно соответствовать следующим требованиям [16]:

1) Поверхность покрытия должна иметь результирующий общий уклон в сторону водоприемных устройств не менее 2,5 %. Результирующий уклон должен определяться на каждом проектном поперечнике, но не реже, чем через 10 м по длине тротуара. На поверхности покрытия не должно быть местных углублений, в которых может

застаиваться вода. Поперечный уклон, измеренный на базе 0,5 м, в любом месте тротуара должен быть не менее 0,5 %. (рис.8.4).

Таблица 8.3 – Состав операций и средства контроля при устройстве дорожных покрытий тротуаров и дорожек из плит/камней*

Этапы работ	Контролируемые операции	Контроль (метод, объем)	Документация
Подготовительные работы	Проверить: - наличие документа о качестве изделия; - внешний вид, соответствие геометрических размеров плит/камней; -соответствие уклонов и отметок основания проекту; - выноску разбивочных осей и надежность их крепления; - толщину монтажного (выравнивающего) слоя - ровность монтажного (выравнивающего) слоя	Визуальный Визуальный, измерительный Измерительный То же То же Визуальный	Документы о качестве по ГОСТ 13015, сертификаты, общий журнал работ
Устройство тротуаров и дорожек	Контролировать: - плотность прилегания плит/камней и бортовых камней к основанию; - вертикальные смещения в швах между плитами/камнями и бордюрами (бортовыми камнями); - ширину швов между плитами/камнями и бордюрами.	Визуальный Измерительный Визуальный, измерительный	Общий журнал работ
Приемка выполненных работ	Контролировать: - ровность поверхности покрытия; - заполнение швов.	Измерительный Визуальный	Акт приемки выполненных работ
- Контрольно-измерительный инструмент: нивелир, рулетка, шаблон, рейка.			
- Операционный контроль осуществляют: мастер (прораб), геодезист – в процессе работ. - Приемочный контроль осуществляют: мастер (прораб), работники службы качества, геодезист, представители технического надзора заказчика.			
*Примечание. Таблица выполнена на основе данных из сборника «Схемы опрерационного контроля качества строительных, ремонтно-строительных и монтажных работ». Общероссийский общественный фонд «Центр качества строительства» Санкт-Петербургское отделение, 2000 г (раздел «Устройство тротуаров и дорожек из плит»).			

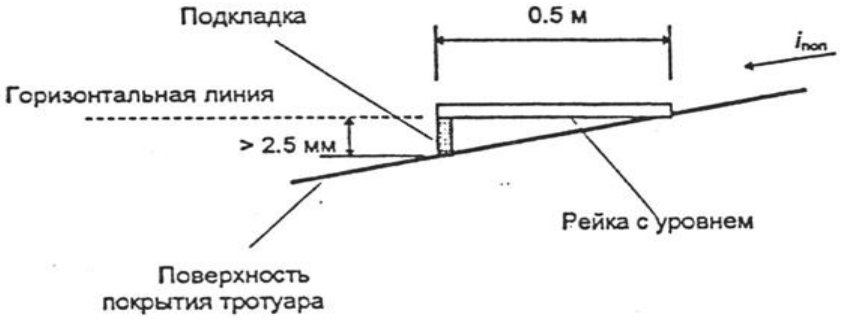


Рисунок 8.4 – Пример проверки поперечного уклона

2) Соответствие вертикальных отметок проектным должно проверяться на каждом проектном поперечнике и не реже 20 м. Отклонение не должно превышать $\pm$ 2 см. Установленные проектом примыкания к существующим вертикальным отметкам должны быть выдержаны с точностью $\pm$ 2 мм.

3) Ровность: максимальный просвет под четырехметровой рейкой не должен превышать 10 мм. При использовании трехметровой рейки не более 5 % измерений могут иметь значения просветов в пределах до 10 мм, остальные до 7 мм.

Величина вертикального уступа между двумя соседними камнями не должна превышать 2 мм.

4) Величина уступов между искусственными камнями и крышками люков колодцев подземных коммуникаций не должна превышать 2 мм.

Контролируемые параметры, их предельные значения и величины отклонений при устройстве покрытия из искусственных плит/камней представлены в таблице 8.4.

По согласованию между заказчиком, подрядчиком и поставщиком изделий для мощения могут быть произведены замеры сцепных свойств дорожного покрытия. При этом заинтересованными сторонами должна быть разработана и утверждена методика измерения коэффициента сцепления (выбран прибор, определено количество измерений, критерии качества и т. д.).

Контроль ровности дорожных покрытий из естественных каменных материалов может производиться с использованием данных табл. 8.5.

Перед определением ровности необходимо очистить покрытие от излишков песка, раствора и других загрязнений силами подрядной организации.

Для измерения ровности может быть использована методика, изложенная в Руководстве [16].

При определении просветов под 4-х метровой рейкой в расчет не принимаются просветы под свисающим краем. После измерения максимального просвета рейка перемещается вдоль тротуара на 2 м, с перекрытием предыдущего положения рейки на 2 м.

Под 3-х метровой рейкой просветы определяются в 5 точках, расположенных на расстоянии 0,5 м между собой и от концов рейки. После измерения пяти просветов рейка перемещается вдоль тротуара на 3 м.

Ровность в поперечном направлении для односкатных тротуаров, ширина которых равна или превышает длину рейки, определяется аналогичным образом. При измерении ровности в поперечном направлении на тротуарах другой ширины рейка укладывается по диагонали так, чтобы ее края совпадали с краями покрытия (рис.8.5, положение 1). Измерения выполняются по изложенной выше методики, после чего рейка поворачивается вокруг центра в положение 2 и измерения повторяются. Затем рейка перемещается вдоль тротуара, как указано выше.

Таблица 8.4* – Контролируемые параметры, их предельные значения, величины отклонений при устройстве дорожных покрытий из искусственных плит/камней мощения

Обозначение	**Контролируемые параметры**	**Предельные значения, величина отклонения**
$h_{м.сл.}$	Толщина монтажного слоя с учетом запаса на вибропросадку камней (1…1.5 см)	4… 6,5 см.
$i_{поп.м.сл.}$, $i_{прод.м.сл.}$	Поперечный и продольный уклон монтажного слоя	$i_{поп.сл} = i_{поп.покр}$; $i_{прод.сл} = i_{прод.покр}$
D	Швы: – расширения; – “зеленые”; – дренирующие; – покрытий из камней с криволинейными боковыми гранями в наиболее узком месте; – прочие.	8-10 мм от 50 мм* ($\pm$ 2 мм) 15 мм *($\pm$ 2 мм) 2 мм 3-5 мм
Δ_1	Величина вертикального уступа между двумя соседними камнями	< 3 мм
Δ_2	Ровность: -максимальный просвет под четырехметровой рейкой -при использовании трехметровой рейки максимальный просвет	<10 мм <10 мм (не более 5 % измерений), остальные до 7 мм.
$i_{поп.покр}$	Поперечный уклон покрытия на базе 0.5 м ($i_{поп.покр}$). Рисунок 32	>0.5 % (>2.5 мм)
$i_{продлокр}$	Продольный уклон покрытия ($i_{продлокр}$): высотные отметки по оси	$\pm$ 2 см
I	Результирующий общий уклон покрытия в сторону водосборных устройств $I = (i_{поп} + i_{прод})^2$	>2.5 %
Δ_3	Примыкания к существующим вертикальным отметкам	$\pm$ 2 мм
Δ_4	Величина уступов между искусственными камнями и крышками люков колодцев подземных коммуникаций	<3 мм

* Примечание. Таблица составлена с использованием материалов Руководства по конструкциям, технологии устройства и требованиям к дорожным покрытиям из искусственных камней в Санкт-Петербурге [16].

Рисунок 8.5 — Измерение ровности в поперечном направлении
(*B*-ширина тротуара (меньше длины рейки))

Таблица 8.5 — Контроль ровности дорожных покрытий из плит/камней мощения

Нагрузка	Применяемый материал	Максимальный просвет под рейкой, мм		
		1 м	2 м	3 м
1	-Искусственные камни -Клинкер, кирпич -Натуральный камень тщательно обработанный	3	5	8
1	-Натуральный камень грубо обработанный -Натуральный камень, необработанный, колотая поверхность, например, мозаичная и мелкая брусчатка	5	7	10
2 и 3	-Искусственные камни -Клинкер, кирпич -Натуральный камень тщательно обработанный	\ 4	6	10
2 и 3	-Натуральный камень грубо обработанный -Натуральный камень, необработанный, колотая поверхность, например, мозаичная и мелкая брусчатка	8	10	12
Комбинированные покрытия		15	17	20

*Примечания:

Таблица выполнена на основе немецкого стандарта “Дополнительные технические условия договора для строительства тротуаров, пешеходных дорожек и площадок за пределами проезжей части (Исследовательское общество ландшафтного проектирования и строительства (FLL) Перевод предоставлен ЗАО “Квик-микс”).

Нагрузка 1 – Покрытия, предназначенные для хождения пешеходов и не предназначенные для заезда грузового транспорта, за пределами проезжей части (например, дорожки на придомовых территориях, площадки в парках, садовые дорожки).

Нагрузка 2 – Покрытия, на которые допустим заезд транспортных средств с полной массой до 3,5 т, расположенные за пределами проезжей части (например, гаражные въезды, парковки для легковых автомобилей).

Нагрузка 3 – Покрытия, как для нагрузки 2, на которые при этом допустим заезд транспортных средств с полной массой до 20 т, расположенные за пределами проезжей части (например, проезды для технического обслуживания и ремонта, эвакуации, а также пожарные подъезды к гаражам и зданиям).

Несмотря на действующие нормы, при оценке качества покрытия во время приемки всегда следует принимать во внимание, что работа по устройству мощения является ручным трудом, где могут иметь место определенные особенности [27]. Поэтому, несмотря на определенные нормами характеристиками качества, всегда имеются различные закономерности исполнения, которые во время приемки могут вести к разногласиям. К ненормируемым параметрам можно отнести: откалывание кромок у камней/плит, отклонение по цвету и структуре, выцветание или изменение цвета, гигроскопичность, повреждение поверхности изделий от вибрации при их осадке, образование луж.

- **Откалывание кромок**

Отколы кромок могут образовываться во время ненадлежащей транспортировки или при неправильной укладке, когда получаются слишком узкие швы. Незначительное откалывание кромок не влияет на эксплуатацию мощеных покрытий.

- **Отклонение по цвету и структуре**

Ни один искусственный камень не будут соответствовать другому. Бетонный камень в зависимости от исходного материала и условий изготовления обладают колебаниями структуры поверхности и цвета. Также следует учитывать тот факт, что визуальное впечатление, кроме прочего, зависит от наличия влаги на поверхности от угла наблюдения, а также от направления наблюдения относительно солнца. Бетонный мостовой камень сильно впитывают воду, что значительно меняет цветовое восприятие.

Непривлекательный вид и наличие отдельных неравномерных участков со скоплением светлых или темных мостовых камней или плит также часто являются причиной претензий при приемке.

Принцип укладки заключается в том, что камни различного вида смешиваются во время укладки.

Также следует принять во внимание тот факт, что визуальное восприятие в случае дорожных покрытий, как правило, имеет не такое значение, как в случае внутренних помещений. При обычной эксплуатации в большинстве случаев очень часто образуются загрязнения, например, от капель масла или остатков жевательной резинки. Кроме того, структура дорожного покрытия меняется вследствие истирания и атмосферных воздействий сильнее, чем, например, фасадов зданий.

- **Выцветание, изменение цвета**

Под выцветанием понимают тончайшие беловатые отложения на поверхности сухих мостовых камней. Это водорастворимые сульфаты магния, натрия или калия, или в большинстве случаев карбонат кальция. Соли образуются во время естественного процесса твердения цемента в случае бетонного камня либо из субстанций в балластном материале, подверженных выцветанию.

Образования карбоната кальция, возникающие вследствие твердения цемента, исчезают под воздействием естественных погодных факторов в течение 2 лет сами собой и не являются дефектом.

- **Водопоглощение (гигроскопичность), неравномерная сушка**

При приемке, часто возникают разногласия относительно допустимости различного времени сушки разных по структуре поверхностей камней или отдельных участков отдельных камней. Неравномерно высушенные поверхности являются типичными. Принципиально существуют требования только к максимальной гигроскопичности (водопоглощению).

Время сушки может быть различным для камней одного и того же производства. Наряду с количеством впитанной воды процесс сушки существенно определяется размером пор капилляров, температурой воздуха, а также относительной влажностью воздуха. Так как даже незначительные различия в гигроскопичности и структуре пор

ведут к сильно отличающемуся времени сушки. Действующие нормы для мостового камня не содержат предельных значений времени сушки, т. е. типичное отличающееся время сушки не является недостатком. Однако слишком большое время сушки может стать признаком слишком высокой гигроскопичности.

- **Повреждение поверхности вследствие вибраций**

Бетонный камень/плиты, тротуарный кирпич и плиты с чувствительными поверхностями не должны подвергаться непосредственному воздействию вибраций от стальных поверхностей, их следует защищать матами из синтетического материала. Поверхности также следует тщательно защищать от тряски. В противном случае поверхность, и особенно поверхность структурных плит будет повреждена.

- **Лужи**

Причиной образования луж являются неровности в комбинации с очень незначительным наклоном поверхности. Однако, существуют случаи образования луж при наклонах и неровностях в пределах заданных допусков, а именно в случае неровностей в форме очень коротких волн. Как правило, лужи – это дефект. В лужах машины вымывают материал для заделки швов, а зимой на этом месте образуются опасные участки гололеда.

- **Белый налет и заполнение швов при устройстве связанных покрытий**

Для связанных покрытий практически всегда существуют разногласия относительно заполнения швов и белого налета на покрытии. В основном следует учитывать, что работы по мощению и заполнению швов выполняются вручную с обязательными допусками. Эти допуски ввиду наличия допусков самих элементов мощения и увеличенных швов значительно выше, чем при отделочных работах во внутренних помещениях. Загрязнения на поверхности камней в виде тончайшей цементной пленки или пленки из эпоксидной смолы, как правило, не являются дефектом. Оба типа загрязнений устраняются при помощи специальных очищающих средств для удаления известкового и цементного налета. Перед использование таких составов на всей площади мощения рекомендуется их пробное нанесение на тестовом участке.

9 Эксплуатация дорожных покрытий из плит/камней мощения

9.1 Начало эксплуатации

Дорожные покрытия связанной конструкции до достижения достаточной прочности растворов для подстилающего слоя и заполнения швов требуют отсутствия посторонних воздействий и повреждений. Во время этого периода (запретительный срок) их необходимо предохранять от какой-либо нагрузки. Это относится также к движению транспорта в ходе работ на строительной площадке. Длительность запретительного срока зависит от погодных условий во время укладки в покрытие. На этот срок можно повлиять посредством выбора растворов для подстилающего слоя и заполнения швов. Поэтому, разрешение движения на участках дорожного покрытия из естественных каменных материалов связанной конструкции осуществляется с учетом указаний производителей растворов [10].

Для несвязанных дорожных покрытий из искусственных плит/камней в начальный период эксплуатации (1 месяц), когда происходит дополнительная осадка камней, следует ограничить возможность движения по покрытию подвижной нагрузки [16]. Для этого дорожные службы и Государственной инспекции по безопасности дорожного движения должны запретить въезд на тротуар грузовым автомобилям, обслуживающим прилегающие магазины, а также уборочной технике, давление колеса которой на покрытие превышает 0,2 МПа. Водители уборочной техники должны быть предупреждены о необходимости избегать движения по одной колее.

Если покрытие принято в эксплуатацию с избыточным количеством песка, рассыпанным по его поверхности, при возможности следует оставить его на покрытии на 1-2 недели. Удаление песка механическим способом возможно только после стабилизации камней в покрытии и четкого обозначения стыковых швов. В современных условиях эксплуатации не рекомендуется оставлять песок на поверхности мощения в течение длительного срока, так как это приводит к пылеобразованию и загрязнению окружающей среды.

При применении для заполнения швов между искусственными плитами/камнями стабилизаторов песка нельзя ходить по покрытию до тех пор, пока поверхность не высохнет после нанесения материала. Въезд автомобильного транспорта на обработанную поверхность запрещен в течение 24 часов.

Нагрузка на оси автотранспорта должна быть регламентирована в каждом конкретном проекте строительства. Запрещается воздействие на дорожное покрытие большей нагрузки, что может повлечь за собой нарушение ровности покрытия и разрушение камня мощения.

9.2 Оценка технического состояния

Регулярный контроль и технический уход повышает срок службы дорожных покрытий из камней мощения. Минимум один раз в год проводят визуальный контроль с целью заблаговременного выявления возможно начинающихся разрушений (см. табл. 9.1). Не следует запускать обнаруженных разрушений, так как они способствуют быстрейшему износу и разрушению соседних участков покрытия.

Общий текущий ремонт дорожных покрытий из камней/плит необходимо проводить два раза: весной и осенью перед началом зимы. В течение всего времени эксплуатации покрытия следует следить за заполнением швов. Швы должны быть заполнены на всю высоту материалом заполнителя.

Таблица 9.1 - Периодичность осмотра и ремонта дорожных покрытий из камней мощения

Сроки	Мероприятия
Не менее 1 раза в год	Визуальный осмотр покрытия. Проверить: заполнение швов, примыкания к различным элементам (например, колодцам), состояние лицевой поверхности мощения, ровность, работоспособность ливневой системы.
Весна	Ремонт: перемощение отдельных участков с заменой подстилающего слоя.
Осень	Ремонт: перемощение отдельных участков с заменой подстилающего слоя.

Оценка технического состояния мощения осуществляется в рамках работ по содержанию. Систематическое выполнение работ по оценке технического состояния является базой для эффективного использования средств и материальных ресурсов.

В современных условиях организации работ по содержанию формируется значительный объем информации, требующий унифицированной системы, позволяющей вести ее учет, анализировать, обрабатывать, хранить, осуществлять мониторинг и администрировать.

Для решения этих задач могут быть использованы современные автоматизированные системы, например, программы «Мониторинг АД». Данная программа имеет свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ (заявка №

2013661934, дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ – 19 декабря 2013 г.).

Возможности программы:

- обучение персонала с терминологией, используемой в дорожной деятельности;
- повышение качества, эффективности, открытости, прозрачности выполняемой работы, регламентация деятельности каждого участника, снижение коррупционной составляющей на всех уровнях работы;
- автоматизированный учет результатов мониторинга состояния дорог;
- использование результатов диагностики для управления ресурсами;
- автоматическое формирование ведомостей дефектов для планирования дорожных работ:
- актуальная информация о жизненном цикле элемента дороги;
- подготовка предложений для формирования адресных программ ремонта, капитального ремонта и реконструкции дорог;
- подготовка исходных данных для разработки проектной документации для линейных сооружений;
- автоматизация вопросов, связанных с обработкой, хранением, ведением учета, мониторинга информации о техническом состоянии элементов автомобильной дороги;
- сокращение затрат времени при обмене информацией посредством телефонной связи, электронной почты, факсовых сообщений и при подготовке ответов на обращения заявителей, снижает количество ошибок, вызванных «человеческим фактором», что как следствие, позволяет увеличить производительность работ, снизить их себестоимость;
- возможность работы в любом городе России для структур Заказчика, для которого характерны вопросы, связанные с обработкой, хранением, ведением учета, мониторинга информации о техническом состоянии элементов автомобильной дороги

9.3 Мероприятия по содержанию

Дорожные покрытия из плит/камней мощения обычно светлее, чем, например, асфальтобетонные. Поэтому кроме гигиенического значения их очистка обуславливается эстетическими требованиями. Очистку покрытий от пыли и грязи можно выполнять с помощью тротуароуборочных машин и при необходимости использовать системы для очистки под высоким давлением и уличные пылесосы. Связанные покрытия с водопроницаемыми швами требуется периодически пылесосить и мыть водой под давлением для очистки пористой структуры швов от загрязнений. При очистке водой покрытий любого вида следует следить, чтобы не размывался материал заполнения швов.

Для сохранения однотонности цвета камней мощения необходимо следить, чтобы на дорожном покрытии не было разливов маслянистых жидкостей и химических реактивов.

С целью защиты поверхности от пятнообразующих жидкостей и других загрязнений применяются специальные составы – гидрофобизаторы (см. раздел 7.7), которые обеспечивают:

- продолжительный грязе- и пятнозащитный эффект в случае масляных и водных загрязнений; упрощение удаления грязи и пятен;
- улучшение внешнего вида поверхности со сдержанным глянцевым эффектом;
- улучшение сочности цвета (небольшой эффект мокрой поверхности);
- уменьшение склонности к выцветанию, загрязнению;
- упрощение удаления наледи.

Зимой, во избежание разрушения декоративного слоя камня и его лицевой поверхности, нельзя использовать для уборки инструменты с металлической рабочей частью или поверхностью. Отвалы снегоуборочных машин должны быть снабжены резиновыми отбойниками. Противогололедные материалы могут использоваться в

ограниченном количестве для труднодоступных мест, где уборка щетками может быть затруднена. При их использовании, по возможности, рекомендуется оценить их коррозионное воздействие на камень мощения в лабораторных условиях. Рекомендуется применять противогололедные материалы на основе магния и кальция. Наибольшее разрушающее воздействие на камень мощения при его замораживании и оттаивании оказывает хлорид натрия. В качестве противогололедных материалов рекомендуется применять посыпку противогололедную мытую (смеси фракций свыше 0,16 до 3 мм, с содержанием пылевидных и глинистых частиц не более 0,5 % по массе) [31].

Для покрытий с водонепроницаемыми швами, выполненных с использованием гидравлических вяжущих, при зимней уборке, следует избегать применения антигололедных реагентов. Антигололедные реагенты можно использовать только на покрытиях с заполнением швов из раствора специальных марок имеющим высокую стойкость к замораживанию и оттаиванию в антигололедных реагентах [10].

Для избежание процессов скалывания льда покрытия следует предохранять от образования на них наледей, для чего уборка снега с покрытий в зимний период должна производиться вслед за каждым снегопадом, а при значительной его продолжительности — также в период снегопада. При несвоевременном удалении снега с покрытий тротуаров снег слеживается, образуя плотный накат.

Некоторые вопросы эксплуатации, можно решать на стадии проектирования. Например, применение систем снеготаяния исключает механическое воздействие на дорожное покрытие из камней мощения при уборке и вывозе снега, что способствует увеличению срока его службы. Положительный эффект также достигается за счет снижения травматизма и аварийности.

Для борьбы с сорняками в швах между плитами/камнями используют гербициды сплошного действия. Обработку следует проводить в сухую безветренную погоду в период интенсивной вегетации (май-август). Гербицид попадает на зеленую часть растения и через 5-10 дней травянистое растение погибает. Через месяц обработку можно повторить. С мхом в швах между плитами/камнями лучше бороться с помощью извести (осень, ранняя весна) или механическим способом.

Комбинированных покрытия с газонной травой, весной, следует тщательно промести, подготовить заранее легкий грунт (раскисленный торф, супесь (2 к 1) и весеннее газонное удобрение), забить грунтом осевшие или пустые швы, подсеять райграсом однолетним или любой смесью для восстановления газона с большим процентом райграса и овсяницы, замульчировать семена подготовленным грунтом. Летом покрытие следует своевременно косить, удобрять и поливать.

Общий перечень необходимых мероприятий по содержанию покрытий из камней/плит мощения приведен в табл.9.2.

Таблица 9.2. - Перечень необходимых мероприятий по содержанию покрытий из камней/плит мощения

Срок	Мероприятия

с момента начала эксплуатации	
1-3 месяца	• Проверить заполнение швов • Устранить возможные местные деформации (просадки, сдвиги). • Проверить функционирование ливневой системы • При появлении высолов (белых налетов), при желании улучшить эстетический вид покрытия произвести поверхностную обработку специальными средствами – очистителями и гидрофобизаторами. Рекомендуется произвести предварительную обработку на тестовом участке покрытия. • Соблюдать минимальный скоростной режим и ограничить интенсивность движения (при мощении дорог)
от 3-х месяцев до 1 года	• Удаления семян, сорной травы из швов (прометание, механическое удаление). • В этот период времени для дополнительной фиксации песка в швах мощения и защиты швов от прорастания травы могут быть использованы специальные составы – стабилизаторы песка (см. раздел 8.5). Рекомендуется произвести предварительную обработку на тестовом участке покрытия.
от 1 года и далее	• Один раз в месяц тщательная уборка покрытия щетками или мойка. При мойке покрытия рекомендуется направлять струю воды под малым углом к покрытию, чтобы снизить до минимума любой риск повреждения швов. После уборки покрытия или мойки следует убедиться, что материал заполнения швов не поврежден. При необходимости восстановить заполнение швов. • Один раз в квартал обработка швов гербицидом, если имеется нежелательный рост в швах сорняков, лишайников, мхов и т.д. • Один раз в квартал обработка швов мощения средствами от насекомых (при необходимости). • Визуальный осмотр покрытия (не менее 1 раза в год) и при необходимости его ремонт.

9.4 Удаление высолов и белых налетов

В течение первого (иногда второго) года эксплуатации возможно выветривание бетонных плит/камней, подвергающихся воздействию влаги с переменной интенсивностью и входящего в состав воздуха углекислого газа [16]. Поверхность мощения покрывается белыми инеобразными, кристаллическими солевыми налетами (высолами). Декоративные свойства покрытия при этом нарушаются. Сам по себе белый налет не является дефектом (см. раздел 8.7) и относится к ненормируемым параметрам при приемке покрытий.

Механизм высолообразования на плитах/камнях заключается в следующем. Свежеприготовленное изделие из бетона обладает системой капиллярных пор, заполненных раствором гидроксида кальция, образовавшегося в результате гидролиза и гидратации. Гидроксид кальция, находящийся на выходе пор, вступает в реакцию с углекислым газом воздуха. При этом образуется карбонат кальция нерастворимый в воде. Некоторое время карбонат препятствует выходу на поверхность гидроксида кальция, накапливающегося в поровом пространстве материала. Однако дальнейшее взаимодействие карбоната кальция с углекислым воздухом и атмосферной влагой приводит к образованию растворимого гидрокарбоната. Последние обстоятельства не

препятствуют миграции гидроксида кальция на открытую поверхность мощения, поэтому образование солевых налетов продолжается.

В процессе высолообразования участвуют и внешние факторы – сернистый газ, присутствующий в атмосфере, который может изменять состав кристаллизующихся солевых налетов. В качестве вторичных продуктов на поверхности тротуарной плитки могут образовываться карбонаты и сульфаты щелочей с переменным содержанием кристаллизационной воды. Следует учитывать также воздействие на дорожное покрытие кислотных дождей и общее количество атмосферных осадков.

В процессе службы мощения ещё одним источником растворимых солей может являться цементно-песчаная смесь, на которую может вестись укладка плит/камней. Поэтому, укладка камней/плит на подстилающий слой из цементно-песчаной смеси не рекомендуется.

Противогололёдные мероприятия, связанные с использованием смеси песка с поваренной солью, могут вызвать не только образование высолов, но и разрушать плиты/камни.

Для удаления высолов и их профилактики, а также для устранения других загрязнений с поверхности мощения, применяются специальные очистительные средства. Очищаемую поверхность необходимо промыть водой, обильно покрыть чистящим средством и равномерно распределить щёткой (валиком), пока средство не станет вспениваться. Процесс при сильных слоях загрязнения стоит повторить. После применения, поверхность необходимо промыть водой. Следует избегать контакта чистящих средств с растениями.

Для предотвращения образования высолов необходимо исключить возможность вымывания солей из камней мощения. Этого достигают, обрабатывая очищенную поверхность специальными составами – гидрофобизаторами, придающим материалам водоотталкивающие свойства. После обработки вода и загрязняющие жидкости (кофе, масло, нефтяные продукты) не впитываются в поверхность, а стекают с нее. Расход составов зависит от впитывающей способности строительного материала и определяется экспериментально. Некоторые гидрофобизаторы (так называемые – с «мокрым» эффектом) придают поверхности вид от шелково-матового до блестящего, а также легкий влажный эффект. На обработанной гидрофобизаторами поверхности мощения меньше образуется и легко удаляется наледь.

При использовании очистителей и гидрофобизаторов следует соблюдать указания производителей составов. Перед началом обработки всего покрытия, следует произвести пробную обработку на небольшом (тестовом) участке.

9.5 Ремонт и восстановление после вскрытий

При ремонте участков дорожного покрытия из плит/камней мощения, разборке и восстановлении дорожных покрытий из плит/камней после прокладки и ремонте располагаемых под ними подземных коммуникаций. следует соблюдать следующие указания.

1) Использовать максимальное количество старых камней/плит мощения. Перед укладкой очистить снятые камни/плиты от старого налипшего материала заполнителя швов и основания

2) Края мощения, примыкающего к ремонтируемому участку, должны быть надежно зафиксированы; при этом должен иметься необходимый запас для устройства подстилающего слоя от края существующего мощения до ремонтируемого участка (рис.9.1)

Рисунок 9.1 — Неправильный и правильный варианты ремонта покрытия

3) Толщина подстилающего слоя должна обеспечивать высотные отметки восстанавливаемого дорожного покрытия.

4) Разборка покрытий должна производится на такую ширину, чтобы при откопке траншей сохраняемое покрытие не могло быть повреждено и грунт под ним не потерял устойчивость. При глубине траншей более 0,75-1 м, а также при несвязных грунтах стенки траншеи должны укрепляться во избежание обрушения грунта.

5) Засыпка и уплотнение грунта в траншеях должны производится послойно с тем, чтобы обеспечивалось равномерное уплотнение грунта и плотность его достигала не менее 0,98 оптимальной.

6) После уплотнения грунта в траншеи производят восстановление основания и дорожного. Если ширина полосы разрытия близка к ширине тротуара, целесообразно восстанавливать покрытие по всей ширине тротуара.

7) При замощении вскрытого места необходимо установить за ним наблюдения в течение 1-3 месяцев и при осадках покрытия его восстанавливать.

Технически правильное восстановление мощения характеризуется одинаковым количеством камней, с одинаковой шириной шва (рис.9.2), как и на площади не затронутой ремонтом [27]. Широкие швы и отрезанные камни (добавки) недопустимы. Разность высот между восстанавливаемой и не затронутой ремонтом частями мощения не должна превышать (или только незначительно) общие допуски для разности высот.

Работы по восстановлению покрытий при капитальном ремонте или их переустройстве ведутся по правилам нового строительства. По этим же правилам производится и приемка восстановленных покрытий.

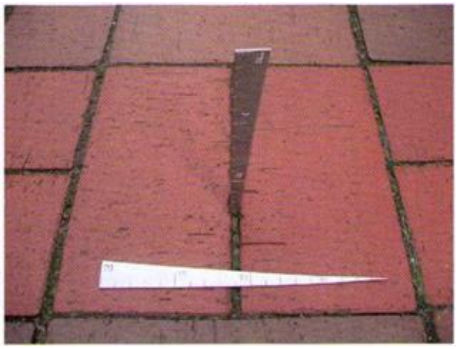


Рисунок 9.2 – Измерение ширины шва при восстановлении покрытия

9.6 Дефекты

Наиболее часто встречаемые дефекты дорожных покрытий из искусственных камней мощения и причины их возникновения, следующие [1,24]:

1. Отшелушивание декоративного поверхностного слоя – дефект, который является следствием либо не уплотнения изделий, либо нарушения структуры поверхностного слоя

в ходе снятия отформованных и уплотненных изделий с вибрационного лотка и их складирования.

2. Разрушение лицевого слоя искусственных камней мощения в период зимней эксплуатации дорожных покрытий из-за их очистки от ледовой корки с помощью ледоколов и ледорубов.

3. Разрушение искусственных камней мощения в местах расположения смотровых и канализационных люков. Это объясняется недостаточной подготовкой основания перед укладкой камней, наличием динамических усилий в местах примыканий.

4. Преждевременные деформации возникает из-за повышенной нагрузки от трафика. Обычно, такие деформации становятся очевидными после длительной эксплуатации. Причины такого явления, как правило, возникают на этапе проектирования. Должны быть выполнены точная оценка ожидаемой нагрузки на дорожную одежду и ее надежный прогноз в зависимости от трафика движения и подтвержденных особенных условий эксплуатации проектируемого объекта. Только соблюдение этих требований приводит к корректному проектированию конструкции, толщины, выбору минеральных заполнителей для швов, элементов мощения и вида укладки.

5. Горизонтальное смещение камней мощения, вызванное несоответствующими материалами швов или не полностью заполненными швами. Горизонтальная нагрузка от трафика может компенсироваться только полностью заполненными швами. Если швы не полностью заполнены или, когда заполнитель швов не соответствует требованиям, относящимся к фракциям, форме элементов или стабильности при раздавливании, элементы мощения будут смещаться в горизонтальном направлении.

6. Колейность. Колейность вызвана пластической деформацией вследствие периодических нагрузок сжатия с сильными осевыми нагрузками на недостаточно уплотненных слоях основания, ведущих к образованию неровностей поверхности. Длительные постоянные деформации следует отличать от точечных (локализованных или неравномерно распределенных) деформаций, вызванных неравномерно уложенным и/или слишком толстым подстилающим слоем основания.

Кроме рассмотренных выше видов повреждения мощения имеется широкий ряд ошибок связанных с несоответствием высотных отметок проектным значениям, нарушением ровности, уклонов и прямолинейности рядов.

Библиография

1. Анохин С. А., Кузнецов В. Д. Причины разрушения тротуарной плитки // Строительные материалы, 2000, № 12.

2. Горенко А.В. Исследование прочностных и деформативных свойств покрытий из бетонных блоков при проектировании, строительстве и эксплуатации портовых территорий: автореф. дисс. канд. техн. наук. Одесская государственная академия строительства и архитектуры. Одесса, 1994г. – 18с.

3. Горбунов-Посадов М. И., Маликова Т. А. Расчет конструкций на упругом основании. М., 1973 г.

4. Дополнительные технические условия договора для строительства тротуаров, пешеходных дорожек и площадок за пределами проезжей части. Исследовательское общество ландшафтного проектирования и строительства (FLL). ZTV Дорожное строительство (ZTV Wegebau). 2013 г. Перевод ЗАО “Квик-микс” (www.quickmix.ru).

5. Иванов А. М. Моя профессия мостовщик. Л.,1970 г.

6. Костельов М.П., Никольский Ю.Б., Райский Ю.Э. Методы и средства контроля качества уплотнения дорожного земляного полотна, щебеночного основания и асфальтобетонного покрытия. Дорожная техника-Каталог справочник. Л., «Славутич», 2001, с.104-110.

7. Костельов М.П., Пахаренко Д.В. Опыт фирмы «ВАД» по устройству плотных, прочных и жестких щебеночных дорожных оснований. Дорожная техника-Каталог справочник. Л., «Славутич», 2006.

8. Костельов М.П. Опять о качестве и эффективности уплотнения различных грунтов современными виброкатками. Дорожная техника-Каталог справочник. Л., «Славутич», 2008.с.40-47.

9. Методические рекомендации по устройству щебеночных оснований, обработанных пескоцементной смесью. СоюзДорНИИ,М.,1985.

10. Мощение с применением растворов на основе вяжущих. Методическое пособие. ЗАО “Квик-микс”, 2015 г. (www.quickmix.ru).

11. Некрасов В. К. Мостовые и тротуары из естественного камня, 1933 г.

12. Неретин А.А. Сравнительное испытание программного обеспечения для расчета конструкций дорожных одежд / А.А. Неретин, Е.Е. Руковишникова // САПР и ГИС автомобильных дорог – 2014. – № 1(2). – С. 25-30.

13. Нефедов В. А. Городской ландшафтный дизайн. Учеб пособие - СПб.: “Любавич”, 2012.

14. Приказ Минрегиона России от 27.12.2011 № 613 «Об утверждении Методических рекомендаций по разработке норм и правил по благоустройству территорий муниципальных образований».

15. Рекомендации по уплотнению слоев основания дорожной одежды с покрытием из искусственных камней мощения. Минтранс. СоюзДорНИИ, М.,1980.

16. Руководство по конструкциям, технологии устройства и требованиям к дорожным покрытиям из искусственных камней в Санкт-Петербурге. Мэрия СПб, 1996 г.

17. Салль А.О. Новая концепция применения щебеночных материалов для повышения несущей способности дорожных оснований. Мир дорог. №14-16, 2005 г.

18. Салль А.О, Васильев Ю.М, Юмашев В. М. Методические рекомендации по повышению качества дорожных оснований из щебня различных пород. Минтрансстрой, СОЮЗДОРНИИ, М., 1980 г.

19. Салль А.О. Возможности и пути повышения качества щебеночных оснований. Дорожная техника, 2002. Каталог-справочник, Л., 2002 г.

20. Технические условия на работы по замощению и ремонту проезжих частей улиц и устройству и ремонту тротуаров на 1932 год (дополнительное и исправленное на 1/II - 1932 г). Ленинград. Издательство Леноблисполкома и Ленсовета, 1932.

21. Тимофеев А. А. Сборные бетонные и железобетонные покрытия городских дорог и тротуаров. – М.: Стройиздат, 1986 г.

22. Хархута Н.Я, Васильев Ю.М. Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог. «Транспорт»,1975, 288 с.

23. Хархута Н. Я. Машины для уплотнения грунтов. Л., «Машиностроение», 1973, с.176.

24. Borgwardt S. Quality improvement with continuous job-site monitoring. Bureau BWB Norderstedt, Germany. Materials of the conference ICCBP 2015 (http://sept.org/conferences.php)./ Повышение качества при непрерывном мониторинге на месте строительства. Д-р Зёнке Боргвардт. Бюро BWB Norderstedt.

25. Kittelberger S., Goymann M. Current LCA (life cycle assessment) data for traffic paved areas tools for analysis and characterization of environmental impact. Materials of the conference ICCBP 2015 (http://sept.org/conferences.php). Оценка жизненного цикла (Life cycle assessment, LCA*) типовых дорожных конструкций тротуаров. Зигрун Киттельбергер .Мелани Гойманн. Сборник докладов конференции ICCBP 2015 (Германия).

26. Klöppner B. Photocatalytic Block Surfaces. Nüdling Betonelemente. Materials of the conference ICCBP 2015 (http://sept.org/conferences.php)./ Фотокаталитические поверхности брусчатки. Бернгард Клёппнер. Сборник докладов конференции ICCBP 2015 (Германия).

27. Mentlein H. Pflaster Atlas. Planung,Konstruktion und Herstellung. Rudolf Muller. Koln, 2009.

28. McCormack T. Driveways, paths and patios. A complete guide to design, management and constructions. The crowood press, 2011 г.

29. Wilson H-R., Hanek J., Kuhn T-E. Solar Reflectance Index (SRI) – Background and Spectrometric Determination. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme. Materials of the conference ICCBP 2015 (http://sept.org/conferences.php) /Коэффициент отражения солнечных лучей (SRI) – фон и спектрометрическое определение. Хелен Роуз Уилсон. Иоганнес Ханек. Тильманн Е. Кун. Сборник докладов конференции ICCBP 2015 (Германия).

30. ТКП 45-3.02-6-2005. Технический кодекс устоявшейся практики. Благоустройство территорий. Дорожные одежды с покрытием из плит тротуарных. Правила проектирования. Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. Минск, 2005 г.

31. Технологический регламент производства работ по комплексной уборке автомобильных дорог общего пользования регионального значения в Санкт-Петербурге. Комитет по благоустройству Санкт-Петербурга, 2016 г.

Приложение 1

Альбом дорожных конструкций с применением мощения

Содержание

1.	Классификация конструкций	97
2.	Расчетные нагрузки	97
3.	Характеристики материалов дорожных одежд и грунтовых оснований	97
4.	Типовые конструкции дорожных одежд	98
	4.1. Дорожные одежды с покрытием до двух метров шириной, рассчитанные только на нагрузки от пешеходов (класс N1)…….....	98
	4.2. Дорожные одежды с покрытием шириной 2-3 метра, рассчитанные на нагрузки от пешеходов и от легкой уборочной техники массой до 3,5 тонн……...	99
	4.3. Дорожные одежды с покрытием шириной от 3 метров, рассчитанные на нагрузки от пешеходов и от тяжелой уборочной техники с осевой нагрузкой меньшей или равной 5т/ось. Конструкции рассчитанные на нагрузки от единичных проездов пожарной техники…….....	101

1. Классификация конструкций

В Альбоме дорожные одежды с покрытием из камней/плит мощения классифицируются в зависимости от нагрузок:

- класса N1- рассчитаны только на нагрузки от пешеходов;
- класса N2- рассчитаны на нагрузки от пешеходов и от заезда небольшой тротуароуборочной техники массой до 3,5 тонн;
- класса N3 рассчитаны на нагрузки от пешеходов и от заезда крупной тротуароуборочной техники с осевой нагрузкой меньшей или равной 5 тонн/ось.

Конструкции разрабатываются с учетом 4 типов оснований (супесь лёгкая, песок пылеватый, суглинок лёгкий/суглинок тяжёлый/глина, супесь пылеватая/супесь тяжёлая пылеватая/суглинок лёгкий пылеватый). Для супеси лёгкой и песка пылеватого учитываются три типа местности, для суглинка лёгкого и супеси пылеватой – пять типов местности. Для каждого типа местности расчёты выполняются для различных коэффициентов надёжности (для тротуаров это 0.84; 0,90; 0,94; 0,98, а для дорог IV категории это 0,80; 0,85; 0,90; 0,95).

Расчеты дорожных одежд производились в программе IndorPavement 9. Модуль упругости дорожного покрытия принимался по данным табл. 7.12 (раздел 7.8).

2. Расчетные нагрузки

На дорожные одежды класса N2 действуют нагрузки от уборочной техники массой до 3,5 тонн (в программе Indor приняты минимальные значения статических нагрузок на ось 25 кН и на колесо 10 кН). Интенсивность движения и суммарное число приложения нагрузки было рассчитано по данным полученным от Комитета по благоустройству Санкт-Петербурга.

За год уборочная техника совершает 720 циклов уборки; принимаем один цикл как два проезда; учитываем коэффициент запаса 1,1 на неучтённые передвижения техники по тротуару (заезды, развороты). Расчет суммарного числа приложений нагрузки ведётся с учётом срока службы дорожной одежды 10 лет: $\Sigma N_p = 720 \bullet 1{,}1 \bullet 2 \bullet 10 = 15840$.

На дорожные одежды класса N3 действуют нагрузки от уборочной техники с осевой нагрузкой не более 5т/ось. Интенсивность рассчитана как в случае с дорожными одеждами класса N2:

$$\Sigma N_p = 720 \bullet 1{,}1 \bullet 2 \bullet 10 = 15840 .$$

3. Характеристики материалов дорожных одежд и грунтовых оснований

Характеристики материалов, использующихся в расчётах, взяты из программы Indor Pavement 9. В данной программе использованы значения характеристик материалов из ОДН 218.046-01 “Проектирование нежестких дорожных одежд”.

Таблица 3.1 – Характеристики геосинтетических материалов

Вид материала	Поверхностная плотность, г/м^2	Предел прочности, кН/м	Осевая жесткость, кН/м
Нетканый геотекстиль	200		
Полиэфирная георешетка		60	475
Полиэфирная георешетка		80	550

Таблица 3.2 – Характеристики камней мощения

Класс бетона по прочности	Класс бетона на растяжение при изгибе	Класс бетона по морозостойкости
В35(45Мпа)	B_{tB}=4,4	F300

Таблица 3.3 – Свойства грунтов и дискретных материалов

Вид материала	*E*, МПа	*ρ*, кг/м^3	$K_{упл}$	*φ* ,°	*c*, МПа
Супесь лёгкая	47,8	2100	1,02	35	0,012
Песок пылеватый	67,5	1750	1,00	35	0,011
Суглинок лёгкий	32	2000	1,02	14,2	0,013
Супесь тяжёлая пылеватая	29,6	2100	1,02	34	0,010
Щебень фр. 40…80	450	1600	1,00	-	-
Песок средней крупности	120	1950	1,00	33	0,005

Обозначения:

E, МПа – модуль упругости;

ρ, кг/м^3 – плотность; $K_{упл}$ – коэффициент уплотнения;

φ,° - угол внутреннего трения; *c*, МПа – сцепление.

4. Типовые конструкции новых и реконструируемых дорожных одежд проездов и пешеходных дорожек

4.1. Конструкции класса N1

Дорожные одежды с покрытием из камней/плит класса N1 – это дорожные одежды с покрытием до двух метров шириной, рассчитанные только на нагрузки от пешеходов.

Для конструкции N1 (рис. 4.1) принимаются минимальные толщины конструктивных слоёв [2]: щебень – 15 см, песок – 20 см. Толщина камня – 50/60 мм.

Рекомендуется использовать так же нетканый геотекстиль плотностью не менее 150 г/м^2 для разделения грунта земляного полотна и песка.

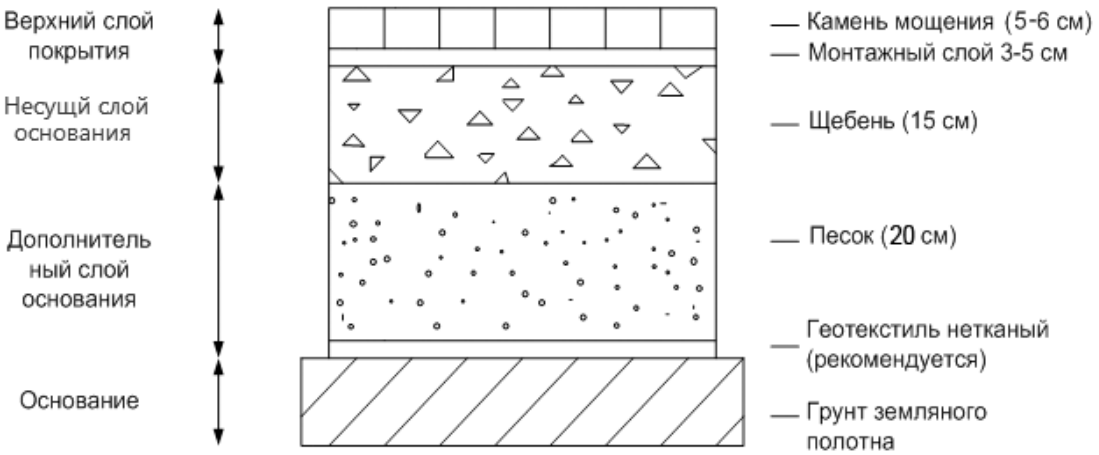


Рис. 4.1. Конструктивная схема дорожных одежд с покрытием из камней/плит мощения класса N1

4.2. Конструкции класса N2

Дорожные одежды с покрытием из камней/плит мощения класса N2 – это дорожные одежды с покрытием шириной 2-3 метра, рассчитанные на нагрузки от пешеходов и от легкой уборочной техники массой до 3,5 тонн (рис.4.2).

В расчетах дорожных одежд приняты следующие исходные данные:

- дорожно-климатическая зона – II, подзона 1 [3].
- техническая категория дороги – V;
- тип дорожной одежды - облегченный;
- расчетный срок службы покрытия в зависимости от категории дороги (10 лет);
- суммарное число приложения приведенной расчетной нагрузки к расчетной точке на поверхности конструкции за срок службы $\sum N_p = 15840$;
- ширина тротуара принята - минимальная в программе Indor 3,5 метра.
- параметры нагрузок приведены в п. 3.1;
- глубина промерзания глинистых грунтов 1,20 м, песчаных 1,50 м (по результатам многолетних наблюдений);
- изолиния термосопротивления грунтов №3 [3].

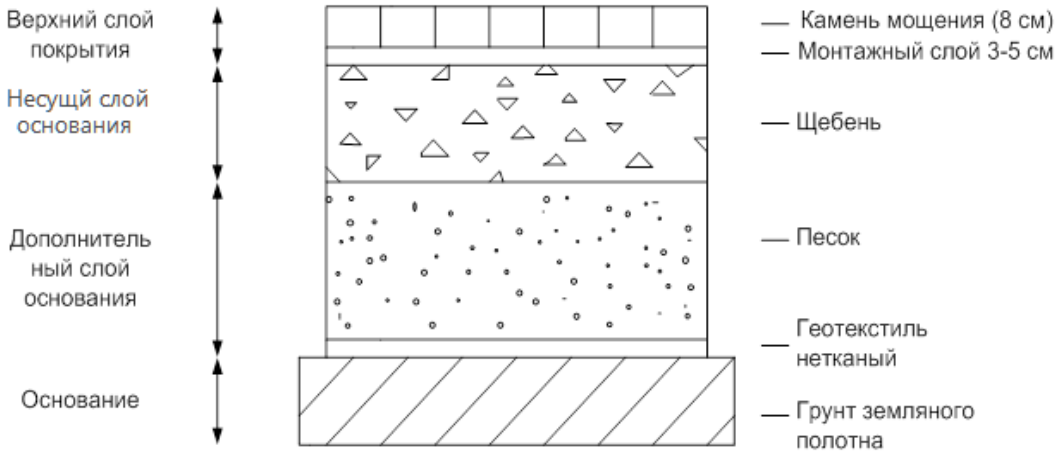


Рис. 4.2. Конструктивная схема дорожных одежд с покрытием из камней/плит мощения класса N 2

Уровень грунтовых вод для каждого расчета взят из интервала допустимых значений данного типа увлажнения местности [7], по тому же источнику была назначена конструкция дорожных одежд.

Для определения расчетных модулей упругости (таблица 3.3) покрытия тротуаров из искусственных камней мощения использовался РМД [8].

Расчеты проводились на сдвигоустойчивость, статическую нагрузку, морозоустойчивость и дренирующий слой. Для конструкций дорожных одежд, в основании которых песок пылеватый дренирующий слой не рассчитывался, т.к. для этих конструкций он не требуется - глубина промерзания меньше УГВ, а основание имеет требуемые для водоотвода свойства.

Результаты расчетов для дорожных одежд класса N2 приведены в таблице 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1 – Толщины конструктивных слоёв дорожной одежды с покрытием из камней мощения (класс N2) с горизонтальной связью

Грунт основания	**Тип местности (УГВ = *H*, м)**	**Толщина слоев щебня $h_{щ}$ и песка $h_{пес}$, см при $K_{пр}$**							
		0,84		**0,90**		**0,94**		**0,98**	
		$h_{щ}$	$h_{пес}$	$h_{щ}$	$h_{пес}$	$h_{щ}$	$h_{пес}$	$h_{щ}$	$h_{пес}$
1. Супесь лёгкая	2 ($H \geq 1,65$)	34	20	35	20	36	20	37	20
	3 ($1,1 \leq H < 1,65$)	34	20	35	20	36	20	37	20
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	34	20	35	20	36	20	37	20
2. Песок пылеватый	2 ($H \geq 2,2$)	36	30	37	30	38	30	39	16
	3 ($1,5 \leq H < 2,2$)	36	40	37	40	38	40	40	21
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	36	60	40	60	40	60	45	40
3. Суглинок лёгкий, суглинок тяжелый, глина	2($H \geq 3,3$)	31	15	31	16	32	20	37	40
	3 ($2,2 \leq H < 3,3$)	33	25	33	25	32	20	37	41
	3 ($1,5 \leq H < 2,2$)	34	28	34	28	35	28	37	41
	особый ($1,5 \leq H < 2,2$)	34	28	34	30	34	30	37	41
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	35	34	35	35	36	35	37	41
4. Супесь тяжелая пылеватая, супесь пылеватая, суглинок лёгкий пылеватый	2 ($H \geq 3,6$)	35	35	35	35	36	35	37	35
	3 ($2,4 \leq H < 3,6$)	36	45	36	45	36	45	37	45
	3 ($1,5 \leq H < 2,4$)	36	63	37	63	37	63	38	63
	особый ($1,5 \leq H < 2,4$)	36	63	37	63	37	63	38	63
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	38	72	38	72	39	72	39	72

Таблица 4.2 – Толщины конструктивных слоёв дорожной одежды с покрытием из камней мощения (класс N2) без горизонтальной связи

Грунт основания	**Тип местности (УГВ = *H*, м)**	**Толщина слоев щебня $h_{щ}$ и песка $h_{пес}$, см при $K_{пр}$**							
		0,84		**0,90**		**0,94**		**0,98**	
		$h_{щ}$	$h_{пес}$	$h_{щ}$	$h_{пес}$	$h_{щ}$	$h_{пес}$	$h_{щ}$	$h_{пес}$
1. Супесь лёгкая	2 ($H \geq 1,65$)	35	20	36	20	37	20	37	20
	3 ($1,1 \leq H < 1,65$)	35	20	36	20	37	20	37	20
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	35	20	36	20	37	20	37	20
2. Песок пылеватый	2 ($H \geq 2,2$)	36	30	37	30	38	30	40	16
	3 ($1,5 \leq H < 2,2$)	37	40	38	40	39	40	41	21
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	40	60	41	60	42	60	45	40
3. Суглинок лёгкий, суглинок тяжелый, глина	2($H \geq 3,3$)	35	20	35	20	37	20	38	40
	3 ($2,2 \leq H < 3,3$)	35	25	35	25	37	20	38	41
	3 ($1,5 \leq H < 2,2$)	35	28	35	28	37	28	38	41
	особый ($1,5 \leq H < 2,2$)	35	28	35	30	37	30	38	41
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	35	34	36	35	37	35	38	41
4. Супесь тяжелая пылеватая, супесь пылеватая, суглинок лёгкий пылеватый	2 ($H \geq 3,6$)	36	35	36	35	37	35	38	35
	3 ($2,4 \leq H < 3,6$)	37	45	37	45	37	45	38	45
	3 ($1,5 \leq H < 2,4$)	37	63	37	63	38	63	39	63
	особый ($1,5 \leq H < 2,4$)	37	63	37	63	38	63	39	63
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	39	72	39	72	39	72	40	72

4.3. Конструкции класса N3

Дорожные одежды с покрытием из камней/плит мощения класса N3 – это дорожные одежды с покрытием шириной от 3 метров, рассчитанные на нагрузки от пешеходов и от тяжелой уборочной техники с осевой нагрузкой меньшей или равной 5т/ось (рис.4.3). Так же данный вид конструкции рассчитан для единичных проездов пожарной техники с нагрузкой 16т/ось, при условии, что было произведено армирования геосинтетическими георешетками (геосетками) слоя щебня (рис.4.4).

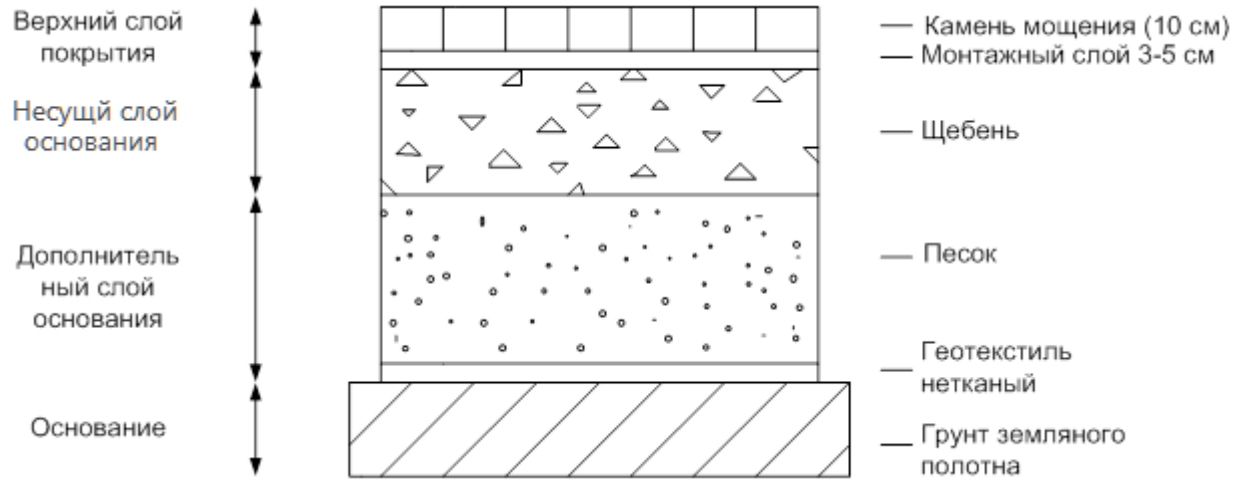


Рис.4.3. Конструктивная схема тротуаров N3 без армирования

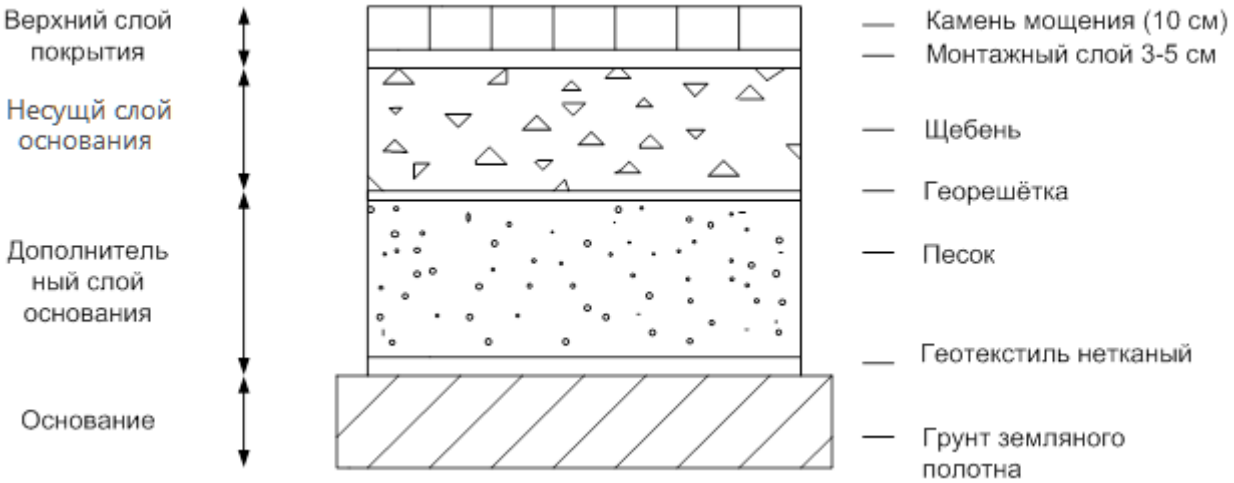


Рис.4.4. Конструктивная схема тротуаров N3 для пожарных проездов с использованием георешётки

Исходные данные для расчетов конструкций класса N3, за исключением нагрузок (см. п. 3.1), аналогичны данным для конструкций класса N2 (см. п.4.3).

Результаты расчетов приведены в таблицах 4.3– 4.6.

Таблица 4.3 – Толщины конструктивных слоёв дорожной одежды с покрытием из камней мощения (класс N3) с горизонтальной связью и без армирования

Грунт основания	**Тип местности (УГВ = *H*, м)**	**Толщина слоев щебня $h_{щ}$ и песка $h_{пес}$, см при $K_{пр}$**							
		0,84		**0,90**		**0,94**		**0,98**	
		$h_{щ}$	$h_{пес}$	$h_{щ}$	$h_{пес}$	$h_{щ}$	$h_{пес}$	$h_{щ}$	$h_{пес}$
1. Супесь лёгкая	2 ($H \geq 1,65$)	30	20	30	20	30	20	31	20
	3 ($1,1 \leq H < 1,65$)	30	20	30	20	30	20	31	20
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	30	20	30	20	30	20	31	20
2. Песок пылеватый	2 ($H \geq 2,2$)	34	30	35	30	36	30	37	30
	3 ($1,5 \leq H < 2,2$)	34	40	35	40	36	40	37	40
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	34	60	35	60	36	60	37	60
3. Суглинок лёгкий, суглинок тяжелый, глина	2($H \geq 3,3$)	29	20	29	20	31	21	34	38
	3 ($2,2 \leq H < 3,3$)	30	20	30	20	33	30	34	39
	3 ($1,5 \leq H < 2,2$)	32	30	32	30	33	30	34	39
	особый ($1,5 \leq H < 2,2$)	32	30	32	30	33	30	34	39
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	33	36	33	36	34	36	34	39
4. Супесь тяжелая пылеватая, супесь пылеватая, суглинок лёгкий пылеватый	2 ($H \geq 3,6$)	30	33	31	33	32	33	33	33
	3 ($2,4 \leq H < 3,6$)	31	48	32	48	36	48	36	48
	3 ($1,5 \leq H < 2,4$)	31	67	33	67	34	67	35	67
	особый ($1,5 \leq H < 2,4$)	33	67	35	67	36	67	36	67
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	34	72	35	72	36	72	37	72

Таблица 4.4 – Толщины конструктивных слоёв дорожной одежды с покрытием из камней мощения (класс N3) без горизонтальной связи и армирования

Грунт основания	**Тип местности (УГВ = *H*, м)**	**Толщина слоев щебня $h_{щ}$ и песка $h_{пес}$, см при $K_{пр}$**							
		0,84		**0,90**		**0,94**		**0,98**	
		$h_{щ}$	$h_{пес}$	$h_{щ}$	$h_{пес}$	$h_{щ}$	$h_{пес}$	$h_{щ}$	$h_{пес}$
1. Супесь лёгкая	2 ($H \geq 1,65$)	31	20	31	20	31	20	32	20
	3 ($1,1 \leq H < 1,65$)	31	20	31	20	31	20	32	20
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	31	20	31	20	31	20	32	20
2. Песок пылеватый	2 ($H \geq 2,2$)	35	30	36	30	37	30	38	30
	3 ($1,5 \leq H < 2,2$)	35	40	36	40	37	40	38	40
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	35	60	36	60	37	60	38	60
3. Суглинок лёгкий, суглинок тяжелый, глина	2($H \geq 3,3$)	30	20	30	20	32	21	36	38
	3 ($2,2 \leq H < 3,3$)	31	20	31	20	34	30	36	39
	3 ($1,5 \leq H < 2,2$)	33	30	33	30	35	30	36	39
	особый ($1,5 \leq H < 2,2$)	33	30	33	30	35	30	36	39
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	34	36	34	36	35	36	36	39
4. Супесь тяжелая пылеватая, супесь пылеватая, суглинок лёгкий пылеватый	2 ($H \geq 3,6$)	31	33	32	33	33	33	33	33
	3 ($2,4 \leq H < 3,6$)	32	48	33	48	34	48	34	48
	3 ($1,5 \leq H < 2,4$)	32	67	34	67	35	67	35	67
	особый ($1,5 \leq H < 2,4$)	34	67	36	67	37	67	37	67
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	35	72	37	72	37	72	38	72

Таблица 4.5 – Толщины конструктивных слоёв для дорожной одежды с покрытием из камней мощения (класс N3) с горизонтальной связью и армированием (с разрывными характеристиками геосетки 80кН/80кН)

Грунт основания	**Тип местности (УГВ = *H*, м)**	**Толщина слоев щебня $h_{щ}$ и песка $h_{пес}$, см при $K_{пр}$**							
		0,84		**0,90**		**0,94**		**0,98**	
		$h_{щ}$	$h_{пес}$	$h_{щ}$	$h_{пес}$	$h_{щ}$	$h_{пес}$	$h_{щ}$	$h_{пес}$
1. Супесь лёгкая	2 ($H \geq 1,65$)	30	20	30	20	30	20	31	20
	3 ($1,1 \leq H < 1,65$)	30	20	30	20	30	20	31	20
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	30	20	30	20	30	20	31	20
2. Песок пылеватый	2 ($H \geq 2,2$)	34	30	35	30	36	30	37	30
	3 ($1,5 \leq H < 2,2$)	34	40	35	40	36	40	37	40
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	34	60	35	60	36	60	37	60
3. Суглинок лёгкий, суглинок тяжелый, глина	2($H \geq 3,3$)	32	20	32	26	34	30	34	38
	3 ($2,2 \leq H < 3,3$)	32	20	32	26	34	30	34	39
	3 ($1,5 \leq H < 2,2$)	32	30	32	30	33	30	34	39
	особый ($1,5 \leq H < 2,2$)	32	30	32	30	33	30	34	39
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	33	36	33	36	34	36	34	39
4. Супесь тяжелая пылеватая, супесь пылеватая, суглинок лёгкий пылеватый	2 ($H \geq 3,6$)	30	33	31	33	32	33	33	33
	3 ($2,4 \leq H < 3,6$)	31	48	32	48	36	48	36	48
	3 ($1,5 \leq H < 2,4$)	31	67	33	67	34	67	35	67
	особый ($1,5 \leq H < 2,4$)	33	67	35	67	36	67	36	67
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	34	72	35	72	36	72	37	72

Таблица 4.6 - Толщины конструктивных слоёв дорожной одежды с покрытием из камней мощения (класс N3) без горизонтальной связи и армированием (с разрывными характеристиками геосетки 80кН/80кН)

Грунт основания	**Тип местности (УГВ = *H*, м)**	**Толщина слоев щебня $h_{щ}$ и песка $h_{пес}$, см при $K_{пр}$**							
		0,84		**0,90**		**0,94**		**0,98**	
		$h_{щ}$	$h_{пес}$	$h_{щ}$	$h_{пес}$	$h_{щ}$	$h_{пес}$	$h_{щ}$	$h_{пес}$
1. Супесь лёгкая	2 ($H \geq 1,65$)	31	20	31	20	31	20	32	20
	3 ($1,1 \leq H < 1,65$)	31	20	31	20	31	20	32	20
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	31	20	31	20	31	20	312	20
2. Песок пылеватый	2 ($H \geq 2,2$)	35	30	36	30	37	30	38	30
	3 ($1,5 \leq H < 2,2$)	35	40	36	40	37	40	38	40
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	35	60	36	60	37	60	38	60
3. Суглинок лёгкий, суглинок тяжелый, глина	2($H \geq 3,3$)	32	20	33	26	33	30	35	38
	3 ($2,2 \leq H < 3,3$)	33	20	33	26	33	30	35	39
	3 ($1,5 \leq H < 2,2$)	34	30	34	30	34	30	35	39
	особый ($1,5 \leq H < 2,2$)	34	30	34	30	34	30	35	39
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	34	36	35	36	35	36	35	39
4. Супесь тяжелая пылеватая, супесь пылеватая, суглинок лёгкий пылеватый	2 ($H \geq 3,6$)	31	33	32	33	33	33	33	33
	3 ($2,4 \leq H < 3,6$)	33	48	33	48	37	48	37	48
	3 ($1,5 \leq H < 2,4$)	33	67	34	67	38	67	38	67
	особый ($1,5 \leq H < 2,4$)	34	67	36	67	38	67	38	67
	особый ($1,1 \leq H < 1,5$)	35	72	37	72	38	72	39	72