АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ МЕЛКОШТУЧНЫХ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

УТВЕРЖДЕНО
Президент Ассоциации «ПМБИ»

_____ А.В. Логвинов
«04» марта 2020г.

Стандарт организации

МОЩЕНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕТОННЫХ ВИБРОПРЕССОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Правила проектирования, строительства и эксплуатации

СТО 46505580-002-2020

Издание официальное

Ассоциация **«ПМБИ»**

Москва 2020

Содержание

1 Область применения 5
2 Нормативные ссылки 5
3 Термины и определения 8
4 Общие положения 11
4.1 Классификация дорожных одежд 11
4.2 Изделия для мощения 11
4.3 Технико-экономическое обоснование применения мощения 13
4.4. Требования к проектам благоустройства с применением мощения 14
5 Проектирование дорожной одежды 15
5.1 Задачи проектирования 15
5.2 Конструирование покрытия 15
5.2.1 Размеры и формы камней/плит мощения 15
5.2.2 Рисунок мощения 17
5.2.3 Подстилающий слой 18
5.2.4 Швы 19
5.2.5 Уклоны. Водоотвод. Гидроизоляция 20
5.2.6 Закрепление краев мощения. Примыкания 21
5.2.7 Улучшение эксплуатационных свойств покрытий 22
5.2.8 Комбинированные и дренирующие покрытия 22
5.3 Конструирование основания. Дренаж. 23
5.4 Расчет дорожной одежды 26
5.4.1 Порядок расчета 26
5.4.2 Определение давления на основание 26
5.4.3 Расчетные характеристики покрытия 27
5.4.4 Прочностные расчеты покрытия из плит 27
5.4.5 Методы расчета 28
6 Строительство и контроль качества 30
6.1 Требования к организации строительства 30
6.2 Устройство слоев основания дорожной одежды 30
6.2.1 Подготовка земляного полотна и основания 30
6.2.2 Уплотнение грунтовых оснований и слоев дорожной одежды 30
6.2.3 Уплотнения грунта при обратной засыпке траншей 32

6.2.4 Контроль качества устройства слоев основания 33
6.3 Устройство покрытия 33
6.3.1 Требования к квалификации рабочих 33
6.3.2 Подготовка подстилающего слоя 34
6.3.3 Укладка камней/плит мощения 34
6.3.4 Заполнение швов и уплотнение покрытия 35
6.3.5 Подрезка 36
6.3.6 Устройство упора из бортовых камней 37
6.3.7 Поверхностная обработка мощения 38
6.3.8 Особенности мощения в зимнее время 38
6.3.9 Контроль качества камней/плит и работ по устройству покрытия 38
6.3.10. Приемка дорожного покрытия 39
6.3.11 Ненормируемые параметры 42
7 Эксплуатация дорожных покрытий из плит/камней мощения 44
7.1 Начало эксплуатации 44
7.2 Оценка технического состояния 44
7.3 Мероприятия по содержанию 45
7.4 Удаление высолов и белых налетов 46
7.5 Ремонт и восстановление после вскрытий 47
7.6 Дефекты 48
Приложение А (справочное) Примеры вибропрессованных камней и плит мощения 50
Приложение Б (справочное) Оформление поверхности земли средствами мощения 52
Приложение В (справочное) Узлы и детали дорожных покрытий из вибропрессованных камней/плит мощения 54
Приложение Г (справочное) Методы расчета дорожных одежд с покрытием из камней/плит мощения. Примеры расчета 85
Приложение Д (справочное) Методика для контроля качества устройства конструктивных слоев дорожных одежд с покрытием из камней/плит мощения 102
Приложение Е (обязательное) Правила приемки вибропрессованных изделий для мощения на строительном объекте 116
Приложение Ж (обязательное) Порядок отбора вибропрессованных изделий для мощения на объекте строительства для проверки качества и проведения испытаний 118
Приложение З (справочное) Контрольный лист этапа работ: устройство покрытия из вибропрессованных изделий (камней/плит мощения) 119
Библиография 120

Введение

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 29.06.2015 г. №162-ФЗ "О стандартизации в Российской Федерации".

Настоящий стандарт устанавливает требования по проектированию, строительству и содержанию дорожных одежд с покрытием из бетонных вибропрессованных камней и плит мощения.

Стандарт разработан с целью повышения качества устройства и содержания дорожных покрытий из бетонных вибропрессованных камней и плит мощения.

Стандарт разработан с использованием ГОСТ 17608 "Плиты бетонные тротуарные. Технические условия", СТО 58357155-001-2018 “Камни и плиты мощения бетонные вибропрессованные. Технические условия” и регионального методического документа по строительству Санкт-Петербурга РМД 32-18-2016 “Рекомендации по применению мощения при устройстве покрытий территорий жилой и общественно-деловой застройки”.

Ответственный исполнитель канд. техн. наук Ю. Б. Костиков.

СТАНДАРТ АССОЦИАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ МЕЛКОШТУЧНЫХ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

МОЩЕНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕТОННЫХ ВИБРОПРЕССОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ
Правила проектирования, строительства и эксплуатации

Дата введения 2020, 03, 04
(год, месяц, число)

1 Область применения

Настоящий свод правил распространяется на благоустройство территорий и устанавливает правила проектирования, устройства и эксплуатации дорожных одежд с покрытием из бетонных вибропрессованных камней и плит мощения:

- пешеходных коммуникаций;
-общественных пространств;
-внутриквартальных проездов;
- открытых и закрытых автостоянок,
- посадочных площадок общественного транспорта;
- автомобильных дорог;
- территорий АЗС;
- территорий морских портов, контейнерных терминалов, производственных территорий и газокомпрессорных станций;
- аэродромов (рулежные дорожки, перроны, места стоянок воздушных судов).

Свод правил распространяется на эксплуатируемые кровли зданий и сооружений с покрытием из вибропрессованных камней и плит мощения.

В своде правил не рассматриваются дорожные одежды с покрытием из камней и плит мощения, швы и подстилающий слой которых выполняются с применением растворов на основе вяжущих (трассово-цементных, полимерных вяжущих или вяжущих из синтетических смол). В случае необходимости применения таких растворов, ввиду отсутствия отечественной нормативной базы, следует руководствоваться указаниями производителей растворов [7,8,17]*.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*. (с изм. № 1).

СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03 -85. (с изм. № 1).

СП 59.13330.2016 Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001.

СП 35-105-2002 Реконструкция городской застройки с учетом доступности для инвалидов и других маломобильных групп населения.

СП 82.13330.2016 Благоустройство территорий. Актуализированная редакция СНиП III-10-75

*Примечание: здесь и далее в квадратных скобках указаны источники из раздела “Библиография”

СП 45.13330.2012 Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87.

СП 48.13330.2011 Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004.

ГОСТ Р 1.4-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения.

ГОСТ 6665-91 Камни бетонные и железобетонные бортовые. Технические условия.

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

ГОСТ 32018-2012 Изделия строительно-дорожные из природного камня. Технические условия.

ГОСТ 32960-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения.

ГОСТ 32961-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Камни бортовые. Технические требования.

ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия.

ГОСТ 13015-2012 Изделия железобетонные и бетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения

ГОСТ 17608-2017 Плиты бетонные тротуарные. Технические условия.

ГОСТ 22856-89 Щебень и песок декоративные из природного камня. Технические условия.

ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.

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

ГОСТ Р 51256-2018 Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования

ГОСТ Р 52289-2004 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств.

ГОСТ Р 51671-2015Средства связи и информации технические общего пользования, доступные для инвалидов. Классификация. Требования доступности и безопасности.

ГОСТ Р 52875-2018 Указатели тактильные наземные для инвалидов по зрению. Технические требования.

ГОСТ Р 51261-2017 Устройства опорные стационарные реабилитационные. Типы и технические требования.

ГОСТ Р 52131-2003 Средства отображения информации знаковые для инвалидов. Технические требования.

ГОСТ Р 52290-2004 Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования.

ГОСТ Р 55028-2012 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Классификация, термины и определения

ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд // Отраслевые дорожные нормы.

ОДМ 218.2.007-2011 Методические рекомендации по проектированию мероприятий по обеспечению доступа инвалидов к объектам дорожного хозяйства // Отраслевой дорожный методический документ.

МОДН 2-2001 Проектирование нежестких дорожных одежд // Отраслевой дорожный методический документ.

ВСН 52-96 "Инструкция по производству земляных работ в дорожном строительстве и при устройстве подземных инженерных сетей".

СанПиН 2.2.3.1384-03 “Гигиенические требования к организации строительного производства и строительных работ”

СТО 58357155-001-2018 Камни и плиты мощения бетонные вибропрессованные. Технические условия.

СТО-93688437-001-2015 Смеси сухие строительные для мощения tubag. Технические условия.

ПНСТ 265-2018 "Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд".

ОДН 218.1.052-2002 "Оценка прочности нежестких дорожных одежд".

Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд (взамен ВСН 197-91)", утв. расп. Минтранса России № ОС-1066-р от 03.12.2003).

ОДМ 218.5.003 -2010 "Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог".

Примечание - При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования – на официальных сайтах федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации, сайтах АПВИ и АПМБИ в сети Интернет. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то целесообразно использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то целесообразно использовать версию этого документа с указанным годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте используются следующие термины с соответствующими им определениями:

3.1 **мощение**: Устройство покрытия территории земельного участка способом укладки бетонных вибропрессованных изделий.

Мощение является составляющей частью 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, подпорных и ограждающих стенок, защитных ограждений деревьев; устройство ступеней и пандусов для пешеходного движения.

3.2 **изделия для мощения бетонные вибропрессованные:** Плиты бетонные тротуарные мелкоштучные (камни мощения) и плиты бетонные тротуарные крупноразмерные (плиты мощения, в т. ч. крупноформатные). Примеры изделий представлены в Приложении А.

3.3 **камень мощения:** Строительное изделие, изготовленное из бетона и предназначенное для устройства дорожных покрытий, отношение длины и ширины которого к его толщине не превышает четырех, при этом все горизонтальные размеры (в плане) должны на расстоянии 50 мм от каждого ребра составлять не менее 50 мм.

3.4 **плита мощения:** Строительное изделие, изготовленное из бетона и предназначенное для устройства дорожных покрытий, длина и ширина которого превышают его высоту (толщину) в четыре и более раза, толщина при этом составляет не менее 40 мм.

Примечание – Оба условия не распространяются на доборные плиты.

3.5 **плита мощения крупноформатная:** Строительное изделие, изготовленное из бетона и предназначенное для устройства дорожных покрытий, длина которого составляет от 400 до 1250 мм. Минимальная номинальная толщина составляет не менее 120 мм. Отношение длины к ширине должно быть не более 2.

3.6 **доборный камень (доборная плита)**: Изделие или его часть, применяемое для заполнения промежутков между элементами дорожного покрытия и обеспечивающее сплошное (полное) покрытие поверхности.

3.7 **лицевая поверхность**: Видимая при эксплуатации поверхность камня или плиты, подвергающаяся воздействию факторов внешней среды, в т. ч. противогололедных реагентов и предназначенная для образования поверхности дорожного покрытия.

3.8 **дорожная одежда с покрытием из плит/камней мощения:** Многослойная конструкция, воспринимающая внешнюю нагрузку и передающая ее на подстилающий массив грунта –земляное полотно.

Дорожная одежда состоит из покрытия, выполненного из камней мощения (плит), несущего и (при необходимости) дополнительного слоя основания (Приложение В1).

3.9 **основание**: Часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на расположенные ниже дополнительные слои или грунт земляного полотна.

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.

Дополнительные слои основания выполняются из дренирующих и не подверженных пучению материалов (песок, шлак и др.).

3.10 **дренирующий (дренажный) бетон (раствор)**: Бетон, содержащий крупный заполнитель при отсутствии или минимальном содержании мелкого заполнителя, а также недостаточное для заполнения пор и пустот количество цементного теста.

3.11 **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, заполнение швов между ними и подстилающий слой (Приложение В2).

3.12 **подстилающий слой:** Нижняя часть покрытия из камней/плит мощения, необходимая для выравнивания неровностей основания и компенсации допусков по толщине изделий для мощения.

3.13 **бортовой камень**: Строительное изделие, изготовленное из бетона или из естественных каменных материалов, и предназначенное для отделения проезжей части улиц и дорог от тротуаров, газонов, площадок и т.п.

3.14 **пешеходные коммуникации**: Тротуары, аллеи, дорожки, тропинки, обеспечивающие пешеходные связи и передвижения на территории города и сельских поселений.

В системе пешеходных коммуникаций следует выделять основные и второстепенные пешеходные связи.

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.

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.

3.15 **бетонные тактильные плиты**: Камни/плиты мощения с продольными или конусообразными рифами по ГОСТ Р 52875-2018.

3.16 **рисунок мощения (раскладка камней/плит мощения):** Геометрическая схема, по которой укладываются камни и плиты мощения.

3.17 **колормикс**: Технология производства камней/плит с многоцветной лицевой поверхностью путем смешивания бетонной смеси двух и более цветов.

3.18 **стесненные условия существующей городской застройки:** Условия застройки, предполагающие наличие пространственных препятствий на строительной площадке и прилегающей к ней территории, ограничение по ширине, протяженности, высоте и глубине размеров рабочей зоны и подземного пространства, мест размещения строительных машин и проездов транспортных средств.

3.19 **дренаж**: Геотехническая конструкция, служащая для перехвата и отвода подземных или поверхностных вод. Различают: откосный, перехватывающий и подкюветный дренажи.

3.20 **выцветы (высолы):** Отложение на поверхности плит кристаллов растворимых соединений из состава бетона.

3.21 **геосинтетический материал**: Материал из синтетических или природных полимеров, неорганических веществ, контактирующий с грунтом или другими средами, применяемый в дорожном строительстве.

3.22 **мультиформат (смешанная коллекция)**: Камни и плиты нескольких типоразмеров в одной упаковочной единице.

3.23 **морозоустойчивость дорожной одежды**: Способность дорожной одежды ограничивать морозное пучение допустимыми пределами.

3.24 **морозное пучение дорожной одежды**: Неравномерное поднятие поверхности дорожной одежды по причине замерзания влаги, накапливающейся в зоне промерзания.

3.25 **упаковка:** Совокупность материалов (транспортный поддон, полиэтиленовая пленка, стретч-пленка, лента из полиэстера и пр.), обеспечивающая целостность и сохранность изделий при транспортировке и хранении.

3.26 **растровый размер камней/плит**: Размер камней/плит в плане (длина, ширина) с учетом минимального необходимого шва в укладке.

3.27 **шовообразователь:** Выступающий профиль на боковой поверхности плиты для создания зазора при укладке между смежными изделиями.

3.28 **дренажный слой:** Слой для отвода воды, выполненный из песка, гравия, щебня, либо из дренажных профилированных мембран и геокомпозитов.

4 Общие положения

4.1 Классификация дорожных одежд

4.1.1 Классификация дорожных одежд с покрытием из вибропрессованных камней/плит мощения представлена в табл.1.

Таблица 1 - Классификация дорожных одежд с покрытием из камней/плит мощения и соответствующие группы по эксплуатации камней/плит по ГОСТ 17608-2017

<table>
<tr><td colspan="3">Дорожные одежды за пределами проезжей части</td><td rowspan="2">Дорожные одежды автомобильных дорог</td><td rowspan="2">Дорожные одежды аэродромов (перроны для стоянок самолетов, рулежные дорожки, зоны технического обслуживания самолетов)</td><td rowspan="2">Дорожные одежды морских портов, контейнерных терминалов, производственных территорий и газокомпрессорных станций</td></tr>
<tr><td>N1*</td><td>N2*</td><td>N3*</td></tr>
<tr><td>Группа А**
Группа Б**</td><td>Группа В**</td><td>Группа В**</td><td>Группа В**</td><td colspan="2">Группа Г**</td></tr>
<tr><td colspan="6">*Категории использования:
N1 –дорожные одежды с покрытием из камней/плит мощения, рассчитанные на нагрузки от пешеходов (например, дорожки на придомовых территориях, площадки в парках, садовые дорожки);
N2- дорожные одежды с покрытием из камней/плит мощения, рассчитаны на нагрузки от пешеходов и от заезда одиночных транспортных средств с полной массой до 3,5 тонн (например, гаражные въезды, парковки для легковых автомобилей);
N3 -дорожные одежды с покрытием из камней/плит мощения, рассчитаны на нагрузки от пешеходов и от заезда автотранспортных средств с полной массой до 20 т и с осевой нагрузкой меньшей или равной 5 тонн/ось (например, проезды для технического обслуживания и ремонта, эвакуации, а также пожарные подъезды к гаражам и зданиям);
**Группы по эксплуатации камней/плит мощения по ГОСТ 17608-2017 (см. табл. 2 наст. СП).</td></tr>
</table>

4.1.2 Требования к дорожным покрытиям из камней/плит мощения, как к элементу благоустройства территорий содержатся в правовых актах и проектной документации: ландшафтных сценариях; архитектурно-художественных регламентах; типовых решениях элементов благоустройства; нормативах благоустройства; правилах проведения работ по благоустройству; правилах уборки, содержания и эксплуатации объектов благоустройства, проектах комплексного благоустройства, проектах рядового благоустройства.

4.1.3 Особенности проектирования и строительства дорожных покрытий из камней мощения автомобильных дорог, морских портов, контейнерных терминалов и аэродромов изложены в соответствующих методических документах [9].

4.2 Изделия для мощения

4.2.1 Требования к бетонным вибропрессованным камням и плитам мощения приведены в ГОСТ 17608 и стандартах предприятий-изготовителей. Стандарты устанавливают основные характеристики бетонных вибропрессованных изделий, общие технические требования к ним, общие правила приемки, маркировки, транспортирования, хранения и эксплуатации.

4.2.2 Группы по эксплуатации камней/плит мощения:

- Группа А – Тротуары, пешеходные и садово-парковые дорожки, газоны, придомовые территории частных строений (без заезда легкового и грузового автотранспорта), эксплуатируемые кровли зданий и сооружений.

- Группа Б – Тротуары магистральных улиц, пешеходные площади и посадочные площадки общественного транспорта, велосипедные дорожки.
- Группа В – Дороги с малоинтенсивным движением (внутриквартальные проезды) и площади, территории стоянок легкого автотранспорта, территории АЗС.
- Группа Г – Зоны высокой нагрузки (территории для стоянок грузового автотранспорта, порты и доки).

4.2.3 Физико-механические свойства изделий приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Физико-механические свойства изделий

№ п/п.	Технические характеристики изделий	Плиты бетонные тротуарные			
		Группа А	Группа Б	Группа В	Группа Г
1	Класс по прочности на сжатие, не менее	В22,5	В25	В30	В40
2	Класс по прочности на растяжение при изгибе, не менее	B_{tb}3,2	B_{tb}3,6	B_{tb}4,0	B_{tb}4,4
3	Марка по истираемости, не более	G3	G2	G1	G1
4	Минимальная толщина изделий, мм	40	60	80	100
5	Соотношение габаритов (Д/Т)*, не более	-	12	4	2
*Д/Т – соотношение «длина/толщина»					

4.2.4 Правила приемки вибропрессованных изделий для мощения на объекте строительства приведены в Приложении Е. Порядок отбора изделий на объекте строительства для дополнительных испытаний и требования к их проведению указан в Приложении Ж.

4.2.5 Ввиду того, что одной из важных особенностей мощения из вибропрессованных камней и плит является наличие швов между отдельными элементами, то для геометрических размеров тротуарных камней/плит введены понятия: номинальный размер и растровый размер. (Приложение В 3.1). Количество камней/плит необходимое для мощения определяется по растровым размерам изделий. Производитель расчет площади камней/плит мощения ведет по растровым размерам изделий. В документах на продажу и отгрузку указывается квадратура (площадь) камней/плит, рассчитанная по растровым размерам.

4.2.6 Совместно с бетонными вибропрессованными камнями и плитами используются сопутствующие изделия:

- доборные камни/плиты (предпочтительно использовать в местах подрезки);
- бетонные тактильные плиты;
- бортовые камни (гранитные, бетонные), металлические и пластиковые полосы для фиксации краев мощения;
- элементы водосборной системы (открытые и закрытые водосборные лотки, дождеприемники);
- осветительное оборудование (например, лампы со встроенной светодиодной подсветкой в виде элементов мощения);
- грязезащитные системы перед входными группами в здания;
- крышки люков подземных инженерных коммуникаций;
- элементы системы снеготаяния (электрической или водяной);
- пластиковые опоры 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);
- камни и плиты из естественных каменных материалов;
- элементы подпорных стен;

-элементы ступеней лестниц;

- палисады;

- газонные решетки.

Описание сопутствующих изделий и требования к ним содержатся в соответствующих стандартах.

4.3 Технико-экономическое обоснование применения мощения

4.3.1 Особенности дорожных покрытий из камней мощения представлены в табл.3.

Таблица 3 – Особенности дорожных покрытий из камней/плит мощения

Характеристики	Описание
Несущая способность (восприятие внешних нагрузок)	Несущая способность дорожных покрытий из плит/камней мощения не зависит от температуры окружающего воздуха.
Технологичность строительства	Имеется возможность механизированной укладки некоторых видов камней и плит
Ремонтопригодность	Элементы мощения могут многократно использоваться. Покрытие разбирается и восстанавливается вновь при прокладке и ремонте подземных коммуникаций. При ремонте не требуются специальные машины. Элемент мощения может быть легко извлечен из покрытия, установлен обратно или заменен на новый
Экологичность	Бетон не выделяет в атмосферу вредных веществ. Возможно изготовление камней/плит мощения с фотокаталитической поверхностью [21] 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 (Приложение Б).
Водопроницаемость	Водопроницаемые (дренирующие) покрытия снижают нагрузку на ливневую систему.

4.3.2 Сравнение различных видов дорожных покрытий из асфальта, бетонных и природных камней/плит методом Оценки жизненного цикла (ОЦЖ или LCA (англ.)) показывает, что покрытия из бетонных камней/плит оказывают минимальное негативное воздействие на окружающую среду [20].

4.3.3 Для оценки экономической эффективности может быть использован годовой размер дорожных расходов *D*. 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:

$$D = [A + Б + (A - O)r] \cdot l, \quad (руб/год) \qquad (1)$$

где *А*- стоимость первоначального устройства дорожного покрытия, приходящаяся на год его службы: стоимость изделий, материала подстилающего слоя и заполнения швов, стоимость работ по устройству покрытия, $(руб/м^2)$;

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:

$$r = \frac{1}{n}, \qquad (2)$$

где *n* – число лет службы.

4.3.4 Расчеты показывают, что мощеные дорожные покрытия при стоимости их первоначального устройства большей, чем у асфальтобетонных, 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.

4.3.5 Для достижения экономического эффекта особенно важно правильно производить работы по вскрытию и восстановлению мощеных покрытий (см.п.7.5).

4.3.6 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 должны складываться в правильные штабели. Следует стремиться к максимальному использованию старых камней, предварительно очистив их поверхности от песка и других загрязнений.

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

4.4. Требования к проектам благоустройства с применением мощения

4.4.1. Проектная документация на устройство мощения должна содержать:

- план дорожных покрытий с высотными отметками по водосборным лоткам и примыканиям (Приложение В7);
- рисунок мощения (раскладку) камней/плит мощения (Приложение В3);
- спецификацию камней/плит мощения, бортовых камней и прочих элементов (товарное наименование камней/плит или их обозначение по ГОСТ, требуемое количество, технические характеристики, цвет);
- визуальный образ (3D-визуализации, по требованию заказчика);
- характерные разрезы, узлы и детали (примыкания мощения к встроенным элементам: люкам, ограждениям, водосборным лоткам и т.п.; изменение направления мощения; сопряжения мощения с другими видами покрытий (Приложения В4-В14);
- конструкции дорожных одежд (Приложения В1-В2);
- конструкцию дренажной системы.

4.4.2. Основные принципы оформления поверхности земли с применением мощения приведены в Приложении Б.

5 Проектирование дорожной одежды

5.1 Задачи проектирования

5.1.1 Проектирование дорожной одежды представляет собой единый процесс конструирования и расчета дорожной конструкции (системы дорожная одежда - рабочий слой земляного полотна), задачей которого является разработка и утверждение проектной и рабочей документации на устройство покрытий земельных участков с применением, в данном случае, камней или плит мощения.

5.1.2 Процедура проектирования включает:

- выбор конструкции покрытия (камень/плита мощения, форма, размеры, материал и толщина подстилающего слоя, материал заполнения швов, закрепление краев покрытия);
- назначение числа конструктивных слоев с выбором материалов для устройства слоев,
- размещение слоев в конструкции и назначение их ориентировочных толщин;
- расчет конструкции дорожной одежды с покрытием из камней/плит мощения на прочность, морозоустойчивость и осушение.

5.1.4 Проектирование дренажа является обязательным для дорожных одежд с покрытием из камней/плит, так как покрытия являются водопроницаемыми (через швы в основание дорожной одежды поступает вода).

5.2 Конструирование покрытия

5.2.1 Размеры и формы камней/плит мощения

5.2.1.1 Размеры камней/плит мощения определяются проектом строительства или ремонта покрытия и назначаются исходя из архитектурных и эстетических задач (Приложение Б), а также предполагаемых эксплуатационных нагрузок (раздел 4.2, табл. 2).

5.2.1.2 При проектировании покрытия, с целью уменьшения количества пиленых стыков, необходимо стремиться к тому, чтобы ширина покрытия была кратна размерам в плане используемых камней/плит мощения с учетом ширины швов (Приложение В 3.4).

Толщина камней/плит назначается для каждого конкретного случая применения мощения с учетом особенностей объекта, интенсивности и состава движения, опыта строительства и эксплуатации аналогичных участков мощения. При этом она не должна быть меньше минимально необходимой согласно требований ГОСТ 17608 (табл.1).

5.2.1.3 Камни мощения следует использовать для дорожных покрытий, подвергающихся динамическим нагрузкам от движения автомобилей, технологического транспорта и т.п. (группы эксплуатации В и Г (раздел 4.2, табл. 2)).

Плиты мощения следует использовать для дорожных покрытий пешеходных коммуникаций (группы по эксплуатации А и Б, раздел 4.2, табл. 2) и для дорог с ограничением скорости движения автотранспорта до 20 км/час (группа эксплуатации В, раздел 4.2, табл. 2).

5.2.1.4 Толщина камней/плит назначается в соответствии с требованиями ГОСТ 17608-2017 (раздел 4.2, табл. 2) и для каждого конкретного случая может быть пересмотрена и отдельно обоснована с учетом особенностей объекта строительства (несущего основания, интенсивности нагрузок, опыта проектирования и строительства аналогичных объектов и других условий).

5.2.1.5 Толщина плит определяется исходя из расчетов на прочность в зависимости от их габаритных размеров, действующих на покрытие нагрузок и вида основания [3,5] (п.5.4). Пример расчета представлен в Приложении Г. При определении допустимой толщины плит рекомендуется использовать данные таблицы 4.

Таблица 4 –Рекомендуемая толщина плит

Типовая ситуация при проектировании	Длина (наибольший размер) плиты	Толщина плиты, мм
Пешеходные улицы и тротуары	до 400 мм	≥ 40-50
	> 400 мм до ≤ 600 мм	≥ 60
	> 600 мм до ≤ 800 мм	≥ 80
	> 800 мм до ≤ 1 000 мм	≥ 80
Пешеходные улицы и дороги с возможностью заезда обслуживающего транспорта с полной массой до 3,5 т (или 0,875 т/колесо)	до 400 мм	≥ 80
	> 400 мм до ≤ 600 мм	≥ 80
	> 600 мм до ≤ 800 мм	≥ 100
	> 800 мм до ≤ 1 000 мм	≥ 100
Пешеходные улицы и дороги с возможностью заезда обслуживающего транспорта с полной массой до 9 т (или 2, 25 т/колесо)	до 400 мм	≥ 100
	> 400 мм до ≤ 600 мм	≥120
	> 600 мм до ≤ 800 мм	≥ 120 мм
	> 800 мм до ≤ 900 мм	≥ 120 мм
	> 900 мм до ≤ 1 000 мм	≥ 140 мм
Автомобильная дорога, ведущая к отдельному зданию для движения автотранспорта с полной массой до 9 т (или 2,25 т/колесо)	> 400 мм до ≤ 600 мм	≥ 140 мм
	> 600 мм до ≤ 800 мм	≥ 160 мм
Автомобильная дорога, ведущая к жилому массиву для движения автотранспорта с полной массой до 9 т (или 2,25 т/колесо)	> 400 мм до ≤ 600 мм	≥ 160 мм
	> 600 мм до ≤ 800 мм	≥ 180 мм
Автомобильные дороги для движения автобусов и автомобилей с полной массой до 18 тонн (или 4,5 т/колесо) (до 65 автобусов в день)	> 400 мм до ≤ 600 мм	≥ 180 мм

5.2.1.6 При выборе толщины камней/плит мощения необходимо учитывать возможные особые нагрузки, возникающие:

- при движении транспортных средств по колее, в узких поворотах и пространстве;
- в области перекрестков и примыканий дорог и на участках дорог и площадях с продольным уклоном более 5%, где возникает повышенная нагрузка на сдвиг вследствие процессов торможения и ускорения;
- при воздействии высоких статических сосредоточенных нагрузок.

5.2.1.7 Для дорожных покрытий, которые подвергаются особым нагрузкам, требуется принимать дополнительные меры при проектировании. Это могут быть:

-увеличение толщины камней/плит выше рекомендованных значений;

-уменьшение общей длины плит;

-применение камней/плит специальной формы.

5.2.1.8 Высокие статические точечные нагрузки, например, от опор кранов или опор какого-либо оборудования всегда требуют применения распределяющей нагрузку промежуточной прокладки, которая укладывается по возможности на несколько камней/плит. В отдельных случаях выполняются дополнительные расчеты.

5.2.1.9 Фигурные камни мощения (с зацеплением) или камни/плиты мощения с ребристой боковой поверхностью лучше перераспределяют силы скольжения и качения по поверхности дорожного покрытия. Дорожное покрытие из них обладает максимальной устойчивостью к сдвигу. Поэтому, рекомендуется применение фигурных камней мощения на участках дорог со значительным продольным уклоном и на участках дорог с движением автомобильного или технологического транспорта.

5.2.1.10 Мелкоребристая (рифленая) опорная поверхность камней/плит улучшает контакт с основанием.

5.2.1.11 При проектировании покрытий, составленных из камней/плит различной конфигурации и размеров, во избежание риска поломок (особенно при возможном автомобильном движении), следует избегать применения камней/плит, более чем в 2 раза различающихся размерами в плане.

5.2.1.12 Важное практическое значение имеет использование для дорожного покрытия 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.

5.2.1.13 Боковые грани камней могут быть прямыми, наклонными или фигурными. Наклонные и фигурные грани могут обеспечить частичное или полное восприятие ряда элементов внешних горизонтальных или вертикальных усилий. В случае использования элементов с наклонными или фигурными гранями осложняется вопрос устройства и разборки покрытия, так как при монтаже и демонтаже покрытия требуется определенная последовательность операций, и не каждый элемент легко и без повреждения может быть извлечен из покрытия.

5.2.1.14 Наиболее целесообразным с точки зрения минимальной протяженности швов в покрытии является использование правильных шестиугольных плит. Применение квадратных плит вместо равновеликих прямоугольных также приводит к уменьшению протяженности швов в покрытии.

5.2.1.15 Форма камня/плиты может защищаться патентным правом, поэтому при выборе конструкции камня/плиты необходимо избегать нарушения патентного законодательства.

5.2.2 Рисунок мощения

5.2.2.1 Рисунок мощения выбирается исходя из архитектурных и эстетических задач (Приложение Б), а также рекомендаций, изложенных ниже.

5.2.2.2 Раскладки камней/плит, особенно смешанной коллекции (мультиформат), должны быть запрошены у производителя. Некоторые варианты раскладок камней/плит мощения приведены в Приложении В3.2.

Рисунок мощения “ёлочка 45^0” обладает самой высокой степенью заклинки камней относительно друг друга. Рисунок мощения «ёлочка» рекомендуется для дорог и площадок, где есть автомобильное движение. В случае применения камней мощения различного цвета, эта раскладка дает самый насыщенный по цвету рисунок. Для достижения лучшего эстетического 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. Следует отметить, что «ёлочка» один из самых сложных рисунков для мощения.

“Ложковая” укладка — выглядит слишком просто в случае применения камней одного цвета и имеет меньшую степень заклинки камней в дорожном покрытии. Ряды мощения при “ложковой” укладке 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 невыразительный рисунок из всех. Он лучше всего подходит для внутренних дворов, дорожек, и других участков без движения автомобильного транспорта.

5.2.2.3 Раскладка камней/плит мощения имеет большое значение в дорожном покрытии при автомобильном движении, когда возникают динамические нагрузки. Требования к рисунку мощения для покрытий с автомобильным движением приведены в Приложении В3.3.

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

всего, ширина покрытия должна соответствовать размерам камней/плит или поставляемых дополнительно доборных камней/плит, чтобы сократить необходимость обрезки или образование неровных кромок реза (Приложение В3.4)

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

5.2.2.5 Различные типы камней/плит не согласуются между собой габаритами и формой. На границе их стыков можно использовать бортовой камень, натуральные мелкоштучные колотые или пиленые брусчатые камни (шашку), булыжник, металлическую ленту.

5.2.2.6 На стадии проектирования должен быть определен способ укладки покрытия – ручной или механизированный. Механизированная укладка, как правило используется при мощении больших, протяженных территорий с однотипным рисунком мощения. Не все формы плит/камней могут использоваться для механизированной укладки.

5.2.3 Подстилающий слой

5.2.3.1 Материал подстилающего слоя должен:

- легко уплотняться (проседать) под действием вибрации для обеспечения посадки камней/плит при мощении и проникать в швы снизу, частично обеспечивая их заполнение;
- хорошо пропускать сквозь себя воду, не накапливая ее;
- обладать наименьшим объемом межзерновых пустот в связи с чем предпочтение следует отдавать материалам с разнофракционным грансоставом (непрерывным).

5.2.3.2 Для подстилающего слоя применяются:

- пески для строительных работ по ГОСТ 8736 I или II класса с крупностью не ниже мелкого (мелкий, средний, крупный, повышенной крупности);
- пески из отсевов дробления по ГОСТ 31424 с крупностью не ниже мелкого (мелкий, средний, крупный, повышенной крупности, очень крупный) с маркой по дробимости не ниже 600;
- щебень и гравий из плотных горных пород ГОСТ 8267 фракции от 5 (3) до 10 мм;
- щебень, извлекаемый при рассеве отсевов дробления по ГОСТ 31424 фракции от 5 (3) до 10 мм с маркой по дробимости не ниже 600.

Содержание пылевидных и глинистых частиц во всех материалах не более 3 %, а также глины в комках не должно превышать 0,35 %.

Содержание частиц менее 0,05 мм в материалах подстилающего слоя должно быть не более 4 %.

Допустимое содержание пород и минералов, относимых к вредным компонентам и примесям, в материале подстилающего слоя не должно превышать значений, указанных в приложении А ГОСТ 8736.

Коэффициент фильтрации материалов подстилающего слоя должен быть не менее 1 м/сут.

Материалам подстилающего слоя должна быть дана радиационно-гигиеническая оценка, по результатам которой устанавливают область их применения в соответствии с приложением А ГОСТ 30108.

Применение для подстилающего слоя щебня и крупных, повышенной крупности, очень крупных песков целесообразно для дренирующих покрытий (п.5.2.8).

5.2.3.3 Толщина подстилающего слоя из песка в уплотненном состоянии должна быть 3-5 см для камней/плит толщиной до 12 см и 4-6 см для камней/плит свыше 12 см (см. п. 6.3.10, табл.13). Чем выше нагрузка на покрытие, тем к меньшей толщине подстилающего слоя следует стремиться. Минимальная толщина подстилающего слоя – 3 см.

5.2.3.4 Зернистость подстилающего слоя должна быть меньше или равной зернистости материала для заполнения швов (за исключением материалов для заполнения швов на основе вяжущих заводского изготовления) во избежание в процессе эксплуатации перемещения зерен из швов в подстилающий слой. Дренажность (водопроницаемость) подстилающего слоя должна быть больше дренажности швов.

5.2.3.5 Для устройства подстилающего слоя не следует использовать сухую песчано-цементную смесь. Так как, подстилающий слой не является несущим, применение вяжущего (цемента) при его устройстве не дает никаких преимуществ. Кроме этого, использование цемента в подстилающем слое может являться дополнительным источником высолов на поверхности мощения.

5.2.3.6. В обоснованных случаях (например, при устройстве водосборных лотков) для подстилающего слоя могут использоваться дренажные растворы заводского изготовления [7,8,17].

5.2.4 Швы

5.2.4.1 Особенность дорожного покрытия из камней/плит мощения и его отличие от других видов покрытий – наличие большого количества камней/плит, связанных между собой посредством материала заполнителя в швах. От исполнения и состояния швов зависит работоспособность, долговечность и эстетический вид всего покрытия.

5.2.4.2 Ширина швов между камнями/плитами принимается в зависимости от их толщины (таблица 13, п.6.3.10). Ширина дренирующих и «зеленых» швов устанавливается проектом. Рекомендуемая ширина дренирующих швов 15 мм, «зеленых» – не менее 50 мм. По мере увеличения ширины шва возникает вероятность эрозии шовного материала. Следует учитывать, что широкие швы ухудшают эксплуатационные характеристики дорожного покрытия и способствуют горизонтальным сдвигам.

5.2.4.3 Для заполнения швов должны применяться следующие материалы:

- пески для строительных работ по ГОСТ 8736 I или II класса с крупностью не ниже мелкого (мелкий, средний, крупный, повышенной крупности);
- пески из отсевов дробления по ГОСТ 31424 с крупностью не ниже мелкого (мелкий, средний, крупный, повышенной крупности, очень крупный) с маркой по дробимости не ниже 600;
- песок декоративный из природного камня по ГОСТ 22856;
- щебень декоративный из природного камня по ГОСТ 22856 фр. от 5 до 10 мм.

Содержание пылевидных и глинистых частиц во всех материалах не более 3 %, при этом не допускается содержание глины в комках.

Содержание частиц менее 0,05 мм в песках должно быть не более 4 %.

Допустимое содержание пород и минералов, относимых к вредным компонентам и примесям, в материале для заполнения швов не должно превышать значений, указанных в приложении А ГОСТ 8736.

Материалам для заполнения швов должна быть дана радиационно-гигиеническая оценка, по результатам которой устанавливают область их применения в соответствии с приложением А ГОСТ 30108.

Коэффициент фильтрации материалов для заполнения должен быть не менее 1 м/сут.

5.2.4.4 Применение для заполнения швов сухой песчано-цементной смеси недопустимо.

5.2.4.5 Максимальный размер зерна материала для заполнения швов должен быть меньше ширины шва не менее чем на 20 %.

5.2.4.6 Материал для заполнения швов не должен накапливать в себе влагу, должен обладать наименьшим объемом межзерновых пустот, в связи с чем предпочтение следует отдавать материалам с непрерывным грансоставом и готовым смесям заводского изготовления.

5.2.4.7 Материал для заполнения швов может быть дополнительно обработан стабилизатором на основе полимеров. Такая обработка предотвращает эрозию (выветривание, вымывание) материала из швов, препятствует росту сорняков в швах, уменьшает проницаемость швов.

Обработка стабилизатором может применяться при устройстве аэродромных покрытий для предотвращения затягивания песка в авиационные двигатели и недопущения просачивания авиационного топлива и горюче-смазочных материалов в основание дорожной одежды и грунт земляного полотна.

5.2.4.8 Объем материала для заполнения швов в покрытии (Р, м³) приближенно можно определить по формуле:

$$P=[S/(a \cdot b)] \cdot (a+b) \cdot h \cdot t, \qquad (3)$$

где S – площадь дорожного покрытия, м²;
a – длина элемента мощения, м;
b – ширина элемента мощения, м;
h- толщина элемента мощения, м;
t - ширина шва, м

Расчетная ширина швов между вибропрессованными камнями/плитами принимается в зависимости от толщины камней и плит (п. 6.3.10, таблица 13).

5.2.4.9 Температурных швов в покрытиях из вибропрессованных камней/плит не устраивают.

5.2.4.10 Деформационные швы обязательно выполняются над швами в несущей конструкции и основании. Для их устройства могут быть использованы специальные профили заводского изготовления.

5.2.5 Уклоны. Водоотвод. Гидроизоляция

5.2.5.1 Дорожные покрытия из камней/плит мощения требуют тщательно продуманного проектирования водоотведения с целью определения минимально достаточного наклона, что особенно актуально для протяженных поверхностей, например, площадей или покрытий с несколькими высотными отметками. Избыточный наклон может послужить причиной вымывания материала для заделки швов при сильном дожде, снегопаде или гололеде.

5.2.5.2 Рабочая документация должна содержать высотные отметки по всем стокам, с параметрами наклона для всех желобов (Приложение В7.1 – В7.2).

При проектировании поперечных уклонов следует учитывать, что водоотводящая способность дорожных покрытий из плит/камней мощения (за исключением комбинированных покрытий, см. п. 5.2.8) примерно на 20 % ниже, чем асфальтобетонных. В связи с этим результирующий уклон к лоткам или другим водоотводящим устройствам должен быть не менее 2,5 % (см.6.3.10) [23].

5.2.5.3 Решение водоотвода в виде деления общей площади на квадратные участки с коническими поверхностями и стоком воды в низшей точке (так называемые “конверты”, Приложение В7.3) вызывает ряд проблем:

1) коническая форма поверхности подстилающего слоя технологически трудно выполняется;

2) неизбежно возникающие изменения наклона, образуют “неспокойную” эстетически не привлекательную поверхность мощения;

3) из-за конического профиля углы отдельных камней могут возвышаться над общим уровнем покрытия, что делает вероятным их повреждения от действующей нагрузки.

5.2.5.4 Наиболее правильным является установка линейно проложенного водосборного желоба или строительство мощеного желоба (Приложения В7.3 и В8). В случае мощеного желоба швы между камнями следует заполнять водонепроницаемыми растворами на основе вяжущих (СТО-93688437-001-2015 [17]) Поверхность мощения должна быть выше кромки водосборного лотка на 3-10 мм.

5.2.5.5 Для обеспечения отвода воды от водосточных труб и предотвращения вымывания материала заполнения швов дождевыми стоками необходимо предусматривать специальные изделия: приемные лотки, короба, желоба, которые встраиваются в мощение. Они могут быть выполнены из естественных каменных материалов, бетона, металла или пластика в зависимости от назначения территории, где они будут установлены и действующих эксплуатационных нагрузок. Также может быть устроен мощеный желоб с заполнением швов водонепроницаемыми растворами.

Поверхностный сток воды на пешеходных путях должен устраиваться так, чтобы водосборные лотки не выходили на пешеходные пути.

5.2.5.6 Встроенные элементы водосборной системы требуют тщательного проектирования и последующего исполнения. Мелкие отрезанные камни, неточная подпилка и значительные разности высотных отметок делают конструкцию еще более неэстетичной.

5.2.5.7 Для уменьшения нагрузки на канализационную систему, а также для сбора и последующего использования дождевой воды применяют дренирующие покрытия (см.п.5.2.8, Приложение В14).

5.2.5.8 Учитывая водопроницаемость покрытия из камней/плит мощения за счет швов, необходимо предусмотреть меры по защите ограждающих конструкций зданий, примыкающих к зоне мощения, от фильтрации грунтовых и поверхностных вод (Приложение В5). Состояние существующей гидроизоляции рекомендуется дополнительно обследовать.

Устройство отмостки выполняется следующим образом. 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.

Гидроизоляционный материал следует укладывать на дно котлована свободно, без натяжки, с компенсирующей складкой для избегания ее разрыва при развитии осадки здания.

5.2.5.9 Проектирование дренажа является обязательным для дорожных одежд с покрытием из камней/плит, так как через швы в основание дорожной одежды поступает вода.

5.2.5.10 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.

5.2.6 Закрепление краев мощения. Примыкания

5.2.6.1 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 (см. Приложение В6).

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

Толщина пластиковых полос должна быть не менее 2 мм, а металлических не менее 3 мм [4].

На транспортных проездах, для укрепления краевых участков городских дорог служат бетонные и гранитные бортовые камни различных размеров по ГОСТ 6665, ГОСТ 32018, ГОСТ 32961.

На пешеходных переходах рекомендуется применять пониженный бортовой камень ярко-желтого или белого цвета.

5.2.6.2 В местах примыкания мощения к асфальтовому покрытию или в местах перехода покрытий различных типов, следует закреплять край покрытия. При такой конструкции ремонт или разрушение какого-либо одного дорожного покрытия не будет вызывать разрушение другого.

5.2.6.3 Примыкания могут быть выполнены гранитными или бетонными мелкоштучными камнями (Приложение В9.3). 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.).

5.2.6.4 Требования к закреплению бортовых камней представлены в табл.5.

Таблица 5 – Требования к закреплению бортовых камней в зависимости от категории использования покрытия

Категория использования (табл. 1)	Толщина основания (Н), см*	Ширина обратной опоры (t), см*
N1	≥ 8	≥ 8
N2	≥ 10	≥ 10
N3	≥ 15	≥ 15
Дорожные одежды автомобильных дорог и промышленных территорий	≥ 15	≥ 15
* Толщина основания (Н) и ширина обратной опоры (t) показаны на иллюстрациях Приложения В6.1.		

5.2.6.5 Вокруг колодцев должно выполняться обрамление из камней (бетонных, натуральных) по возможности, в форме трапеции и квадратов. Подгонка рисунка мощения производится за пределами обрамления из камней (см. 6.3.5, Приложение В9.2). Непосредственное подведение рисунка мощения к колодцу считается технически неправильным.

5.2.7 Улучшение эксплуатационных свойств покрытий

Дорожные покрытия основных пешеходных коммуникаций (тротуары, площади, остановочные площадки общественного транспорта), рекомендуется дополнительно покрывать гидрофобизирующими или грязеотталкивающими составами.

Гидрофобизаторы придают камням/плитам водоотталкивающие свойства. После обработки вода и загрязняющие жидкости (кофе, масло, нефтяные продукты и т.п.) не впитываются в поверхность, а стекают с нее. Расход составов зависит от впитывающей способности строительного материала и определяется экспериментально. На обработанной гидрофобизаторами поверхности мощения меньше образуется и легко удаляется наледь (см. также раздел 7.4).

5.2.8. Комбинированные и дренирующие покрытия

5.2.8.1 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 (Приложение А).

5.2.8.2. На площадках с пешеходным движением малой интенсивности или как элемент укрепления допускается устройство покрытий из камней мощения с «зелеными» швами. «Зеленые» швы следует заполнять щебеночно-песчаной, гравийно-песчаной или щебеночно-гравийно-песчаной смесью песчано-гравийной смесью, перемешанной с растительным грунтом в отношении около 1:1.

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 используют травы, образующие плотную дернину, хорошо переносящие стрижку, устойчивые к неблагоприятным условиям и вытаптыванию.

5.2.8.3. 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:

– из специальных решетчатых плит/камней мощения (Приложение А) с заполнением пустот (ячеек) мелким гранитным щебнем, галькой или песком из отсевов дробления щебня; а

также другими мелкозернистыми материалами; материалы могут быть дополнительно закреплены эпоксидными вяжущими;

– из специальных камней мощения с увеличенными выступами на ребрах (Приложение А) с заполнением швов мелкозернистыми материалами (например, гранитная крошка) или водопроницаемыми растворами на основе вяжущих;

– из проницаемых камней и плит мощения, обладающих свойством фильтрации воды атмосферных осадков.

Вода после прохождения слоев дорожной одежды с дренирующим покрытием из камней/плит может собираться в дренажном колодце и использоваться для технических нужд (Приложение В 14).

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

5.3 Конструирование основания. Дренаж.

5.3.2 При конструировании дорожной одежды с покрытием из камней/плит необходимо руководствоваться следующими принципами:

а) конструкция одежды в целом должна удовлетворять транспортным, эксплуатационным и экологическим требованиям, предъявляемым к территориям той или иной застройки;

б) конструкция дорожной одежды должна быть дренируемой, так как покрытия из камней/плит мощения имеют большое количество швов, через которые, в основание дорожной конструкции может попадать вода;

в) при технико-экономической необходимости взамен стандартных (традиционных) «каменных» материалов допускается применять малопрочные «каменные» материалы (слабые известняки, опока, гравийные материалы, дресва, отсевы горных пород), побочные продукты промышленности и грунты, свойства которых могут быть улучшены обработкой их вяжущими (цемент, цемент с полимерной добавкой, битум, битумная эмульсия, известь, активные золы уноса, нефелиновый шлам и др.) и полимерными добавками;

г) конструкция должна быть технологичной и обеспечивать возможность максимальной механизации и индустриализации дорожно-строительных процессов, в целях чего число слоев и видов материалов в конструкции должны быть минимальными;

д) при конструировании дорожных одежд необходимо в соответствующих элементах широко применять местные материалы с предварительной их переработкой или укреплением;

е) минимальный модуль упругости у грунта земляного полотна в независимости от типа грунта должен быть равен 45 МПа.

5.3.3 При выборе материалов для устройства слоев дорожной одежды необходимо учитывать следующие положения.

Основание должно быть, как правило, двухслойным:

- несущий слой из прочных, жестких и сдвигоустойчивых слоев и материалов (тощий, малоцементный и легкий бетоны, дренажные бетоны, щебень, гравий, щебеночно- или гравийно-песчаные смеси неармированные и армированные геосинтетическими материалами, материалы и грунты, укрепленные неорганическими вяжущими и добавками);

- дополнительный слой, выполняющий морозозащитные и дренирующие функции.

Дополнительные слои основания должны совместно с верхними слоями и покрытием обеспечивать необходимую прочность конструкции, морозоустойчивость, а также дренирующую способность.

5.3.4 Дорожные покрытия из камней/плит мощения имеют большое количество швов, через которые, в основание дорожной конструкции может попадать вода. Поэтому, требуется обязательное наличие или устройство дренажа для отвода воды.

Дренирующие слои устраивают из песка, гравийных материалов, щебня, дренажного бетона, дренажных профилированных мембран и других материалов, обладающих высокими показателями фильтрации.

Коэффициент фильтрации слоев основания должен быть не ниже 1 м/сут.

При использовании в конструкции дренажных композитов или профилированных мембран, требуется предусматривать место сброса воды.

5.3.5 В случае использования водонепроницаемого основания (например, бетона) необходимо обеспечить отвод воды с его поверхности, проникающей через швы в мощении. Уклон поверхности бетонного основания в сторону водосборных устройств должен быть не менее 3 %. При этом важно не допустить вымывание материала подстилающего слоя. В водосборных устройствах должны быть установлены фильтры из геотекстильного материала.

5.3.6 При устройстве теплоизолирующих слоев, при которых исключается промерзание рабочего слоя земляного полотна, отпадает необходимость устройства морозозащитного слоя [1]. Однако, решающим фактором является объем поступающей в основание воды.

Глубина расположения теплоизолирующих слоев от поверхности покрытия – определяется прочностным и теплотехническим расчетом. Причем для теплоизолирующих материалов с коэффициентами теплопроводности менее 0,04 Вт/м*К (материалы типа пенопласта, пенополистирола) глубина заложения должна быть не менее 50 см из условий повышения вероятности возникновения гололедицы на покрытии.

Теплоизоляционные плиты могут быть использованы и в случаях, когда возникает необходимость уменьшить общую толщину дорожной одежды, а устройство полноценного морозозащитного слоя не представляется возможным. Конструкции дорожных одежд с покрытием из камней/плит мощения с применением плит из экструзионного пенополистирола представлены в альбоме [1].

5.3.7 Для предотвращения переувлажнения земляного полотна, а также для создания благоприятных условий для осушения дорожной конструкции эффективно производить укрепление верхних слоев подстилающих грунтов различными вяжущими. При этом достигается комплексный эффект, который необходимо учитывать в прочностных и теплотехнических расчетах дорожных одежд.

5.3.8 Для обеспечения возможности назначать однотипную дорожную одежду на участках большой длины или площади при различных грунтово-гидрогеологических условиях и при воздействии разных нагрузок рекомендуется:

- укреплять верхние слои грунтов на различную глубину;
- использовать в дорожных одеждах армирующие геосинтетические материалы (геосетки, георешетки, сплошные тканые и нетканые геосинтетические материалы (ГОСТ Р 55028-2012);
- использовать легкие бетоны (газофибробетон).

Вышеперечисленные мероприятия эффективно использовать на участках мощения, подвергающихся воздействием не только грузовых автомобилей с высокими осевыми нагрузками, но и на участках с высокой интенсивностью движения легковых автомобилей (на участках с большим количеством приложений нагрузок в единицу времени). Например, транспортные проезды - во дворы, к бизнес центрам, к супермаркетам, к площадкам отдыха, к автозаправочным станциям, на автомобильные стоянки и т.п.

5.3.9 Между покрытием и основанием следует предусматривать не уплотняемый до укладки покрытия подстилающий слой (требования к материалу для подстилающего слоя см. п.5.2.3).

Подстилающий слой в качестве несущего конструктивного слоя не рассматривается и в расчетах не учитывается.

5.3.10 Толщину конструктивных слоев в уплотненном состоянии следует принимать не менее приведенных значений в таблице 6 [12].

Таблица 6- Толщина конструктивных слоев

Материалы конструктивных слоев дорожной одежды	Толщина слоя, см

Легкие, тощие, малоцементные бетоны, дренажные бетоны	10
Щебеночно-гравийно-песчаные смеси Щебеночные смеси Гравийные смеси Шлаковая щебеночно-песчаная смесь	15 15 15 15
Щебеночные (гравийные) материалы, обработанные органическими вяжущими	8
Щебень, обработанный органическим вяжущим по способу пропитки	8
Щебеночные и гравийные материалы, не обработанные вяжущими:	
- на песчаном основании	15
- на прочном основании (каменном или из укрепленного грунта)	8
Каменные материалы и грунты, обработанные органическими или неорганическими вяжущими	10
Песок	20

П р и м е ч а н и я :

1. Толщину конструктивного слоя следует принимать во всех случаях не менее чем 1,5 размера наиболее крупной фракции применяемого в слое минерального материала.

2. В случае укладки каменных материалов на глинистые и суглинистые грунты следует предусматривать прослойку из песка, высевок, укрепленного (стабилизированного грунта), толщиной не менее 10 см или геосинтетические материалы (геосетки, тканые и нетканые геотекстили, геомембраны и т.п.).

5.4 Расчет дорожной одежды

5.4.1 Порядок расчета

5.4.1.1 Расчет дорожной одежды с покрытием из камней/плит мощения выполняется в следующем порядке.

1) Определяется давление от расчетной нагрузки на несущее основание с учетом слоя из камней/плит мощения (п.5.4.2) или покрытию присваиваются определенные свойства (п.5.4.3).

2) В зависимости от вида покрытия (камни или плиты) и конструктивных слоев основания выполняется расчет дорожной одежды по действующим методикам расчета жестких или нежестких дорожных одежд (Приложение Г).

3) Плиты мощения дополнительно рассчитываются на изгиб (п.5.4.4).

5.4.1.2 Конструкция дорожной одежды назначается по результатам расчета, опыта строительства и эксплуатации аналогичных покрытий с учетом особенностей объекта.

5.4.2 Определение давления на основание

5.4.2.1 Расчетные нагрузки принимаются в зависимости от назначения территории, где устраивается мощение из соответствующих нормативных документов (ГОСТ Р 32960, ОДН 218.046-01, ПНСТ 265-2018) или принимаются на основе фактических данных.

5.4.2.2 Для определения давления, которое воздействует на несущий слой основания, находящийся под покрытием, рассматривается следующая расчетная схема (рис. 1).

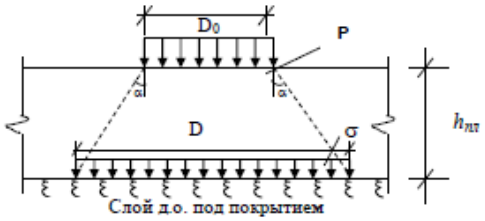


Рисунок 1 - Расчетная схема

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 - угол распределения вертикального давления (α= 45 градусов).

Если давление от колеса P передается через отпечаток диаметром D_0, то благодаря распределяющему действию покрытия, на поверхности подстилающего основания будет действовать напряжение σ, передающееся через штамп диаметром D. Из условий статического равновесия следует:

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

Откуда давление на поверхности несущего основания

$$\sigma = P \cdot \frac{D_0^2}{D^2}, \text{ где } D = D_0 + 2\, h_{пл} \bullet tg45° = D_0 + 2\, h_{пл} \qquad (5)$$

5.4.2.3 Давление σ на несущее основание может быть определено с учетом реакции слоя камней $R_{бп}$ в зависимости от их высоты (толщины) [2]:

при $h_{бп}$=60 мм –$R_{бп}$=0,50 P

$h_{бп}$=80 мм –$R_{бп}$=0,62 P

$h_{бп}$=100 мм –$R_{бп}$=0,74 P.

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:

$$\sigma = (P - R_{бп})/F_1. \qquad (6)$$

5.4.3. Расчетные характеристики покрытия

5.4.3.1 Покрытие из камней может моделироваться сплошным слоем, путем присвоения ему определенных свойств:

-покрытию назначают модуль упругости равный нижележащему несущему основанию или асфальтобетона;

-покрытию назначают модуль упругости сборного покрытия (табл. 7).

Таблица 7 - Расчетные модули упругости покрытия тротуаров (площадок) из камней/плит мощения в зависимости от категории городской дороги и улицы [15]

$K_{ПР}$	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 [17] 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. 8)
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 =3000 МПа; E_2 =3400 МПа.

Таблица 8 – Коэффициенты прочности для городских улиц и дорог [15]

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

Расчет покрытий из плит описан в разделе 5.4.5 и Приложении Г1.

5.4.4 Прочностные расчеты покрытия из плит

5.4.4.1 Прочностные расчеты покрытия из плит мощения ведут исходя из их категории по жесткости, характеризуемой показателем жесткости *S*:

- при $S \leq 0,5$ или при $r/h_{пл} \leq 2,5$ плиты относят к категории абсолютно жестких и на прочность, т.е. на сопротивление растяжению при изгибе (предельный изгибающий момент) не рассчитывают;
- при $0,5 < S \leq 10$ плиты относят к категории плит конечной жесткости и их рассчитывают на прочность.

Показатель жесткости *S* плиты определяют по формуле [3] :

$$S = \frac{3 \cdot E_0^э}{E} \cdot (\frac{r}{h_{пл}})^3 , \qquad (7)$$

где r- радиус круглой плиты; радиус круга равновеликого многоугольной плите, половина стороны квадратной или полудлина прямоугольной, м;

$h_{пл}$ -толщина плиты, м;

E - расчетный модуль упругости бетона, МПа, принимаемый по таблице 9;

$E_0^э$ -эквивалентный модуль упругости основания, МПа, определяемый по формуле 8 (п.5.4.5).

Таблица 9

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_{tb} 4,4	5,76	36 000	28 000
B_{tb} 4,0	5,24	33 000	26 500
B_{tb} 3,6	4,71	32 000	25 500
B_{tb} 3,2	4,19	30 000	24 000
П р и м е ч а н и е. Для определения расчетного модуля упругости мелкозернистого бетона, приготовленного из песков с модулем крупности менее 2,0 следует соответствующие табличные значения умножить на 0,9.			

5.4.5 Методы расчета

5.4.5.1 В зависимости от типа покрытия (камни или плиты), применяемых материалов в конструктивных слоях, их прочностных и деформативных характеристик дорожную одежду по характеру работы под внешней нагрузкой относят к жесткой и нежесткой.

5.4.5.2 Жесткая дорожная одежда обладает способностью воспринимать растягивающие напряжения при изгибе (моменты). Покрытие или монолитное несущее основание под нагрузкой работает как плита на упругом основании.

К жестким следует относить дорожные одежды:

- из плит мощения конечной жесткости на всех типах основаниях;
- 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.

5.4.5.3 Методы расчета жестких дорожных одежд приведены в Приложении Г.

5.4.5.4 Нежесткие дорожные одежды воспринимают растягивающие напряжения в меньшей мере.

К нежестким следует относить дорожные одежды с покрытиями 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.). К нежестким следует относить дорожные одежды с покрытиями

из камней мощения или плит на монолитных основаниях из асфальтобетона, асфальтогранулобетона и т.п.

5.4.5.5 Методы расчета нежестких дорожных одежд приведены в Приложении Г.

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

$$E_o^э = \frac{E_н}{1-\frac{2}{\pi}\cdot\left[1-\left(\frac{E_н}{E_в}\right)^{\frac{4}{3}}\right]\cdot arctg\left[1{,}1\cdot\left(\frac{E_в}{E_н}\right)^{\frac{1}{3}}\cdot\frac{h}{D}\right]}, \qquad (8)$$

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 (по формуле 9).

$$D = 2\cdot R = 2\cdot\sqrt{\frac{F_d}{\pi\cdot p}}, \quad (9)$$

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.

При выполнении конструирования и расчета дорожной одежды, в независимости от типа грунта должна быть принята минимальная величина модуля упругости у земляного полотна равная 45 МПа.

5.4.5.7 Расчет земляного полотна и слоев жестких и нежестких дорожных одежд из условий обеспечения необходимой морозоустойчивости производят по методике, изложенной в документах [5,6,11,12].

5.4.5.8 Примеры расчета дорожных одежд с покрытием из камней/плит приведены в Приложении Г.

6 Строительство и контроль качества

6.1 Требования к организации строительства

6.1.1.1 Требования к организации строительства содержатся в СП 48.13330. 2011, СанПиН 2.2.3.1384-03 и других нормативных документах.

6.2 Устройство слоев основания дорожной одежды

6.2.1 Подготовка земляного полотна и основания

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

6.2.1.2 Перед возведением несущих слоев основания дорожной одежды выполняются работы по подготовке подстилающего грунта, которые включают различные виды работ, в том числе и работы по водоотводу из/от всей зоны производства работ. Водоотвод следует выполнить до начала основных работ. Водоотвод начинают с пониженных мест рельефа местности. В не дренирующих грунтах основания поперечный профиль должен быть –одно или двухскатный.

6.2.1.3 Поверхность основания освобождается от камней, диаметр которых d >2h/3, где h – высота грунтового несущего слоя. Ямы и другие местные неровности засыпаются не дренирующим грунтом и уплотняются.

6.2.1.4 Каждый слой следует разровнять, сделать уклон 2-4 % и уплотнить.

6.2.1.5 Разновидности и состояния грунтов, отсыпаемых в несущий слой, нормы плотности слоя должны соответствовать требованиям, установленным СП 34.13330.2012 для дорог категории II-IV.

6.2.1.6 При устройстве основания из щебня методом заклинки необходимо, чтобы расклинцовка была выполнена в строгом соответствии с требованиями СП 78.13330.2012. Песок из подстилающего слоя не должен диффундировать в слой основания, из-за чего может произойти потеря устойчивости камней/плит в покрытии.

6.2.1.7 При устройстве тротуаров из плит/камней мощения вдоль жилых и общественных зданий обязательно после подготовки земляного полотна следует провести гидроизоляционные работы (Приложение В5).

6.2.1.8 Основание для мощения выполняется с теми же уклонами, что и покрытие. В случае водонепроницаемого основания (например, бетона) необходимо обеспечить отвод воды с его поверхности, проникающей через швы в мощении. При этом важно не допустить вымывание материала подстилающего слоя. В водосборных устройствах должны быть установлены фильтры из геотекстильного материала.

6.2.1.19 Работу по устройству дренажей, водосборных колодцев и других сооружений, предназначенных для перехвата и отвода от дорожного покрытия ливневых, паводковых и талых вод, прокладке инженерных коммуникаций в основании земляного полотна следует выполнять до начала работ по устройству слоев основания дорожной одежды.

6.2.2 Уплотнение грунтовых оснований и слоев дорожной одежды

6.2.2.1 С учетом возможности попадания влаги через швы между камнями/плитами мощения в нижележащие слои дорожной одежды, 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.

6.2.2.2 Достижение высокой плотности (Ку≥0,98÷1,00) обусловлено параметрами уплотняющих машин, выбором рациональной толщины уплотняемого слоя, поддержанием влажности близкой к оптимальной, увеличением количества проходов уплотняющих машин по следу.

6.2.2.3 Уплотнение выполняется разнообразными типами машин с разными режимами их работы, которые зависят от вида и состояния грунта, а также конструктивных параметров уплотняемого слоя. Важным параметром в технологии уплотнения является частота колебаний вибратора. Чем ниже плотность материала, тем меньше необходима частота вибраций. Уплотняемые слои сухого песка или щебня не нуждаются в машинах с высоким уровнем вибраций, тогда как глина или мокрый песок, суглинок и т.д. требуют более высоких частот колебаний.

6.2.2.4 Выбор типа и режима работы уплотняющих машин следует назначать в зависимости от особенностей объекта строительства (реконструкции) и условий производства работ.

6.2.2.5 Уплотнение грунта проводят при влажности близкой к оптимальной. При малой и большой влажности грунт уплотняется плохо. Грунты, уплотненные при повышенной влажности могут позже давать усадку, проваливаться или менять свое положение. В зависимости от разновидности грунта его влажность должна находиться в пределах: глина – 16-26%; суглинок – 12-18%; песок – 8-14%; супесь – 9-15%.

Рекомендации при отсутствии стесненных условий производства работ

6.2.2.6 При отсутствии стесненных условий производства работ могут быть использованы дорожные вибрационные катки массой от 3 т. В таблице 12 представлены рекомендации по выбору типа и режимов работы вибрационных катков.

6.2.2.7 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 соответствии с рекомендациями, представленными в таблице 10. На завершающем этапе – выполняют 1-2 прохода статическим или пневмокатком для ликвидации разрушений верхней тонкой части уплотняемого слоя.

Таблица 10 – 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 крупнообломочный с несвязным заполнителем, валунно-галечный	0,95	-	55-65	75-85	95-120	130-150	8-10
Моренный несвязный и малосвязный	0,98	-	30-35	40-45	50-55	60-70	8-10
Песок обычный, пылеватый, песчано-гравийнаясмесь	0,98	20-30	40	50	55-60	65-75	8-10
Песок одноразмерный с влажностью: 4% – 5% 6% - 7%	 0,98 0,98	 20 20-25	 30 30-35	 35 40-45	 40 50	 45 60	 4-6 6-8
Супесь пылеватая оптимальной влажности*).	0,98	-	20-25	25-30	30-40	40-45	8-10
Суглинок с влажностью близкой к оптимальной. *	0,95	-	20-25	25-35	30-35	40-45	10-12
* Для кулачковых катков.							

6.2.2.8 Для достижения высокой степени уплотнения, требуемой для дорожных одежд с покрытием из камней/плит мощения (п.6.2.2.1) 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.

6.2.2.9 На больших площадях уплотнение щебеночных оснований 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. В первую укатку должна быть достигнута обжимка россыпи и обеспечено устойчивое положение щебня или гравия. Во вторую укатку должна быть достигнута жесткость основания или покрытия за счет взаимозаклинивания фракций. В третью укатку должно быть достигнуто образование плотной коры в верхней части слоя путем расклинивания поверхности мелкими фракциями. Признаками окончания уплотнения во второй и третий периоды служат: отсутствие подвижности щебня или гравия, прекращение образования волны перед катком, отсутствие следа от катка, а также раздавливание отдельных щебенок или зерен гравия вальцами катка, но не вдавливание их в верхний слой (СП 82.13330.2016).

Рекомендации при стесненных условиях работы

6.2.2.10 При стесненных условиях производства работ используется легкое уплотняющее оборудование: поверхностные вибрационные плиты массой от 80 кг, легкие вибротрамбовки (50-70 кг), а также малогабаритные катки различных типов массой до 1,5÷3 т.

6.2.2.11 Толщина уплотняемого виброплитами слоя зависит от параметров машины, вида и влажности грунта, количества проходов по одному следу.

6.2.2.12 С целью достижения высокой плотности уплотнения, требуемой для дорожных одежд с покрытием из камней/плит мощения (п. 6.2.2.1), толщина отсыпаемого слоя должна быть не более 15 см (СП 82.13330.2016), а именно: для грунта и песка 5-6 см, для щебня 10-15 см.

6.2.2.13 Уплотнение щебеночного слоя следует выполнять в два этапа. На первом этапе производится – предварительное уплотнение основной фракции щебня за 4-10 проходов по одному следу (первая цифра для малогабаритных вибрационных катков, вторая – для виброплит). На втором этапе производится уплотнение после россыпи расклинивающей фракции. Общее количество проходов по одному следу составляет 8-20 (первая цифра для малогабаритных вибрационных катков, вторая для виброплит). Приведенные типы машин относятся к уплотнению слоя минимальной толщины 15 см. Схема уплотнения – от краев к центру.

6.2.2.14 Толщина уплотняемого слоя гладковальцовым малогабаритным виброкатком конструктивного слоя дорожной одежды (при влажности грунта близкой к оптимальной) может быть примерно определена по таблице 11.

Таблица 11 – 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

6.2.3 Уплотнения грунта при обратной засыпке траншей

6.2.3.1 Уплотнение грунта в траншеях следует производить в соответствии с СП 45.1330.2012 и ВСН 52-96.

6.2.3.2 Для уплотнения грунта при обратной засыпке траншей используют вибротрамбовки, виброплиты, электротрамбовки и легкие катки. Выбор оборудования

осуществляется в зависимости от условий производства работ: размеров траншеи, места её расположения (проезжая часть дороги, тротуар и т.п.), вида и состояния грунта и др.

6.2.3.3 Перед укладкой инженерных коммуникаций дно котлована тщательно трамбуется виброплитой или вибротрамбовкой. После уплотнения грунта засыпают тонкий слой песка, немного смочив его водой, и снова трамбуют. Поверх всей подушки снова нужно выполнить уплотнение. Для этой работы используются виброплита, вибротрамбовка массой порядка 100 кг.

6.2.3.4 Засыпка траншей с уложенными подземными коммуникациями производится в следующей последовательности (Приложение В11):

1) Послойно засыпаются и подбиваются (уплотняются) вручную пазухи между трубой и стенками траншеи (лопаты, совки, деревянные трамбовки). По возможности используются ручные механизмы (виброплиты, вибротрамбовки).

2) Присыпаются трубопроводы. Толщина защитного слоя над трубопроводами должна быть не менее 0,20-0,25 м для металлических и железобетонных труб и не менее 0,4-0,5 м для керамических, асбестоцементных и пластмассовых труб. Защитный слой непосредственно над коммуникациями уплотняется с применением ручных механизмов (виброплиты, вибротрамбовки). Уплотнение производится равномерно с двух сторон.

3) Производится послойная дальнейшая засыпка и уплотнение грунта над уложенными трубопроводами.

6.2.4 Контроль качества устройства слоев основания

6.2.4.1 Контроль и приемка работ по устройству земляного полотна и слоев основания должны осуществляться согласно СП 78.13330.2012. По контролируемым параметрам каждого слоя для оценки их качества должны производиться соответствующие замеры (например, толщин слоев, ровности и т.д.), результаты которых должны документально оформляться.

6.2.4.2 При визуальной оценке, в щебеночном несущем слое не должно быть пустот, через которые материал подстилающего слоя может проникать в основание и вызывать местную деформацию покрытия. Признаками окончательного уплотнения служат: отсутствие подвижности щебня или гравия, отсутствие вдавливания щебенок или зерен гравия в верхний слой (см. п.6.2.2.9).

6.2.4.3 Для инструментального контроля качества (достижения проектных деформативных характеристик и коэффициентов уплотнения) подстилающего грунта (грунта земляного полотна) и конструктивных слоев дорожной одежды (песчаного, щебеночного и других слоев) должны выполняться штамповые испытания и/или испытания с применением малогабаритных установок динамического нагружения (Приложение Д).

Контроль качества устройства подстилающего грунта, а также песчаных, щебеночных и других слоев производится путем сопоставления фактического статического поверхностного модуля упругости конструктивных слоев дорожных одежд с расчетным статическим эквивалентным модулем упругости по методике, изложенной в Приложении Д.

6.2.4.4 При одновременном использовании методов статического и кратковременного (динамического) нагружений проводят тарировочные испытания, т.е. определяют переводной коэффициент или зависимость, которые позволяют от значений динамического модуля упругости перейти к значениям статического модуля упругости. Эти испытания проводят последовательно методами статического и кратковременного нагружения на не менее трех характерных участках.

6.3 Устройство покрытия

6.3.1 Требования к квалификации рабочих

Работы по мощению должны выполняться рабочими, имеющими необходимую квалификацию согласно профессиональному стандарту “Мостовщик” [13].

6.3.2 Подготовка подстилающего слоя

6.3.2.1 Материал подстилающего слоя распределяется по поверхности основания вручную или механизированным способом. При отсыпке подстилающего слоя дополнительно следует иметь запас по толщине на просадку камней. Величина этого запаса зависит от формы и размера камней и материала подстилающего слоя. Она устанавливается по месту (примерно 20-30 % от толщины подстилающего слоя). Для песка запас составляет примерно 1,0-1,5 см.

6.3.2.2 Подстилающий слой должен быть спрофилирован до укладки камней. Он устраивается с теми же уклонами, которые предусмотрены для поверхности покрытия.

При механизированной укладке камней/плит подстилающий слой следует прикатать ручным или легким катком с гладкими вальцами за 1-2 прохода.

6.3.2.3 Толщина подстилающего слоя в уплотненном состоянии зависит от вида и толщины изделий и устанавливается по таблице 13 (раздел 6.3.10). Превышение толщины подстилающего слоя может явиться причиной дополнительных пластических деформаций и местных просадок покрытия при эксплуатации. Для автомобильных дорог, аэродромных покрытий и контейнерных терминалов следует стремиться к минимальной толщине подстилающего слоя – 3 см.

6.3.2.4 При устройстве подстилающего слоя следует учитывать, что после строительной операции посадки камней/плит поверхность покрытия должна возвышаться над верхом борта (бордюра) примерно на 3-5 мм, как запас на осадку покрытия в ходе эксплуатации.

6.3.2.5 Для устройства подстилающего слоя, особенно на больших площадях рекомендуется применять специальные машины и оборудование – планировщики основания, планировочные рубанки, в которых распределение материала и выравнивание объединены в единый процесс. Это позволяет достигать большой производительности и точности высотных отметок.

6.3.3 Укладка камней/плит мощения

6.3.3.1 Перед укладкой все изделия для мощения должны быть приняты потребителем согласно Приложению Е. В случае возникновения разногласий по качеству изделий осуществляется отбор образцов для контрольных испытаний согласно Приложению Ж.

6.3.3.2 Плиты с транспортных поддонов следует брать и приподнимать одновременно со всех сторон, чтобы не повреждать поверхность изделий нижнего ряда.

6.3.3.3 Камни/плиты мощения следует укладывать в направлении “от себя” на подготовленный подстилающий слой соблюдая ширину швов согласно рисунку, установленному проектом. Для укладки плит, особенно крупноформатных толщиной 120 мм и более, следует использовать специальные механические или вакуумные захваты. Укладка крупноформатных плит без использования захватов запрещена.

6.3.3.4 Камни/плиты следует брать и укладывать сразу с нескольких транспортных поддонов вперемешку для создания равномерного цвета по всей площади покрытия.

6.3.3.5 Изделия, произведенные по технологии “колормикс” (с многоцветной лицевой поверхностью) для равномерного распределения цвета по поверхности мощения нужно брать и укладывать одновременно из нескольких пакетов (предпочтительно не менее пяти), а разборку пакета вести в вертикальном направлении, а не послойно. В противном случае может возникнуть ситуация с неравномерным распределением цвета по поверхности.

6.3.3.6. Ширина швов зависит от вида и толщины изделий (табл. 13, п.6.3.10). Ответственность за соблюдение требуемой ширины шва лежит на мостовщиках. Для фиксации швов на боковых гранях бетонных вибропрессованных камней и плит, как правило, имеются шовообразователи. Следует учитывать, что шовообразователи не определяют ширину шва, а служат защитой от сколов граней камней/плит при их производстве и транспортировке. На некоторых видах изделий шовообразователи могут не выполняться или быть меньше требуемого размера шва. Поэтому, для обеспечения одинаковых швов (в противном случае на ребрах изделий могут возникнуть сколы) могут быть использованы различные шаблоны (металлическая полоса, пластмассовые крестики т. п. или приспособления - шовообразователи.).

Ширина «зеленых» и дренирующих швов назначается проектом с учетом настоящих рекомендаций (см. п. 5.2.8).

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

Для выравнивания укладываемых камней/плит 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.

6.3.3.8 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.

6.3.3.9 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 положения камней/плит. Применение специального инструмента предотвращает повреждение поверхности изделий, скалывание кромок у камней/плит и ускоряет выполнение работ.

6.3.3.10 Для мощения больших и протяженных территорий простых конфигураций, где не требуется создание художественных рисунков мощения, а также при мощении крупноформатными плитами должны применяться механизированные укладчики (например, “Optimas”).

6.3.4 Заполнение швов и уплотнение покрытия

6.3.4.1 Заполнение швов должно производиться параллельно с укладкой. Требования к материалам заполнения швов приведены в разделе 5.2.4.

6.3.4.2 Песок в сухом состоянии следует равномерно распределить по поверхности уложенного покрытия и с помощью мягкой щетки ввести в швы до полного их заполнения. Лишний материал заполнения следует удалить с покрытия перед окончательной посадкой камней. Операция заполнения швов может быть выполнена несколько раз до полного и прочного заполнения швов.

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

Для сохранности внешнего вида камней/плит и предотвращения на ней трещин, царапин и сколов на основание виброплиты закрепляют полиуретановый коврик. Для таких работ целесообразно применять виброплиты с параметрами, принимаемыми по табл. 12.

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

Таблица 12 – Параметры виброплит для посадки покрытия

Толщина камня/плиты, см	Масса, кг	Центробежная сила, кН
6	до 110	18-20
8-10	110-200	20-30
10	200-600	30-60

6.3.4.4 Использование виброкатков для посадки запрещается. Также запрещается использование тяжелой виброплиты из-за светлых продольных полос, образующихся на покрытии и соответствующих пути перемещения виброплиты. При образовании таких полос вибропосадку следует немедленно прекратить и сменить виброплиту на виброплиту меньшей массы.

6.3.4.5 Перед проведением вибропосадки покрытие и подошва виброплиты должны быть вычищены. Вибропосадку (особенно цветных и камней с поверхностной обработкой лицевого слоя) 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, напоминающей по консистенции жевательную резинку, которая удаляется с поверхности покрытия с трудом.

6.3.4.6 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.

6.3.4.7 Плиты вибропосадке следует подвергать с осторожностью.

6.3.4.8 После окончательной посадки необходимо снова заделать швы.

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

6.3.4.9 При применении стабилизатора песка для дополнительного закрепления швов (например, для аэродромных покрытий) следует руководствоваться рекомендациями производителя.

6.3.4.10 При применении растворов для заполнения швов на основе вяжущих следует руководствоваться рекомендациями производителя [7,8].

6.3.5 Подрезка

6.3.5.1 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. Мелкие отрезанные камни, неточные срезы и значительные разности высот ухудшают вид конструкции.

6.3.5.2 Значительно уменьшить количество доборных камней и как следствие, сократить операции по резке камней можно на этапе проектирования, назначая оптимальный рисунок раскладки и ширину мощения с учетом размеров применяемых камней/плит.

6.3.5.3 При подрезке следует руководствоваться следующими правилами:

- для камней: наименьшая сторона отрезанного камня должна быть не менее одной трети длины целого изделия;
- для плит: соотношение длины и ширины отрезанной части должно составлять не более 2,0, а остающаяся короткая сторона должна минимум в два раза превышать толщину изделия.
- обрезанные камни/плиты не должны иметь острых углов (менее 45 градусов).

Выполнение выше указанных правил влечет изменение рисунка раскладки в зоне примыкания (Приложение В9.1-В9.2).

При устройстве орнаментов, знаков и символов на поверхности дорожного покрытия с применением камней/плит мощения от правил подрезки (п.6.3.5.3) могут быть отступления, которые фиксируются в проектной документации.

На отрезанных частях камней/плит может выполняться фаска.

6.3.5.4 Укладка считается профессиональной, когда вокруг колодцев сначала выполняется обрамление из камней (бетонных или натуральных), по возможности, в форме трапеции или небольших квадратов размерами в плане 50х50 мм (Приложение В9.2).

Устройство такого обрамления дает следующие преимущества по сравнению с примыканием впритык поперечных рядов:

1) камни обрамления не имеют перевязки с остальными камнями дорожного покрытия, благодаря чему осадка около колодцев отражается только на них, не сказываясь на остальной части мощения, облегчая его восстановление;

2) примыкающие к колодцам камни при открытии крышек ломами имеет большую устойчивость, чем элементы мощения, уложенные рядами;

3) более привлекательный вид примыкания основного покрытия к колодцу.

Устройство окаймляющих крышку рядов, кроме того увеличивает диаметр окружности примыкания, что дает более технологичные углы доборных камней. Подгонка перевязки производится за пределами обрамления из брусчатки. Непосредственное подведение мощения к колодцу без устройства обрамления считается технически неправильным.

6.3.5.5 Для резки камней/плит, по-возможности, следует применять калиберные резаки (гильотины, ручные камнекольные станки). 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. Исключением являются аэродромные покрытия, при мощении которых следует использовать отрезные машины, чтобы исключить возможное попадание мелких кусочков камней в двигатели самолетов.

6.3.6 Устройство упора из бортовых камней

6.3.6.1 При устройстве упора очень важно тщательное заполнение (герметизация) стыков между бортовыми камнями или другими фиксирующими край мощения элементами (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.

6.3.6.2 Швы между бортовыми камнями должны быть не более 10 мм (СП 82.13330.2016). Для предотвращения загрязнения лицевой поверхности камней (особенно цветных) стыки между ними рекомендуется заделывать с их внутренней стороны, обеспечивая плотное заполнение шва.

6.3.6.3 При изменении направления бортовых камней их углы должны быть запилены. Предпочтительно использовать специальные бортовые камни: угловые, радиусные (Приложение В6.6).

6.3.6.4. Бортовые камни должны быть установлены на бетонное основание по песчаной (щебеночной) подушке. На песчаную подушку допускается устанавливать бортовые камни, только, когда они устанавливаются в один уровень с дорожным покрытием.

6.3.6.5. Ширина шва между покрытием из камней/плит и бортовым камнем должна быть не более 10 мм.

6.3.6.6. Поверхность покрытия должна возвышаться над верхом бортового камня примерно на 3-5 мм, как запас на осадку покрытия в ходе эксплуатации (Приложение В6).

6.3.7 Поверхностная обработка мощения

6.3.7.1 Для улучшения эксплуатационных и эстетических показателей покрытия могут использоваться различные специальные средства: очистители, гидрофобизаторы, цветные пропитки (восстановители или интенсификаторы цвета).

6.3.7.2 При использовании средств для поверхностной обработки мощения следует соблюдать указания их производителей. Перед началом обработки всего покрытия следует произвести пробную обработку на небольшом участке.

6.3.8 Особенности мощения в зимнее время

6.3.8.1 Выполнять работы по устройству покрытия в зимнее время не рекомендуется.

При необходимости устройства 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 минус 15 °С не разрешается.

6.3.8.2 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 плюс 15 °С. 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.

6.3.8.3 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 плюс 5 °С. В этом укрытии выполняются работы по мощению.

По завершении работ тепляк переставляется на следующую (после прогрева основания) захватку для последующего мощения.

6.3.8.4 Над замощенной площадью устанавливается укрытие-тепляк высотой 1,5 м, внутри которого с помощью теплогенератора поддерживается температура 5 °С. Такой тепловой режим поддерживается с целью проведения операций по окончательному заполнению швов.

6.3.8.5 При укладке плит/камней на бетонное основание (например, при устройстве эксплуатируемых кровель) 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.

По очищенному и подогретому бетонному основанию выполняют подстилающий слой из подогретого песка и выполняют мощение.

6.3.8.6 За участками выполненными в зимнее время устанавливается наблюдение. В теплое время года выполненное покрытие должно быть дополнительно проверено.

6.3.9 Контроль качества камней/плит и работ по устройству покрытия

6.3.9.1 Правила приемки изделий на объекте строительства приведены в Приложении Е.

6.3.9.2 Отбор образцов на объекте строительства для дополнительных испытаний осуществляется согласно Приложению Ж.

6.3.9.3 При использовании цветных камней/плит все камни должны соответствовать цвету, установленному проектом, и образцам, на основании которых заключается договор на производство и поставку камней. Автор проекта и заказчик должны иметь в виду реальные возможности выдерживания оттенков цветовой характеристики при производстве камней/плит, в связи с чем цвет образцов должен рассматриваться как примерный (см.также п.6.3.11.3).

6.3.9.4 Контрольный лист по устройству покрытия приведен в Приложении З.

6.3.10. Приемка дорожного покрытия

6.3.10.1 При приемке покрытия следует контролировать высотные отметки, ровность и ширину швов.

Контролируемые параметры, их предельные значения и величины отклонений при устройстве покрытия из искусственных плит/камней представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Контролируемые параметры при устройстве покрытий из камней/плит

Требования	Допустимые значения
Расположения границ или осей мощения	±20 мм
Соответствие вертикальных отметок проектным	±20 мм
Бортовые камни: - прямолинейность линии бортового камня на участках длиной 3 м - превышение одного бортового камня над другим	 ±5 мм ±5 мм
Плоскостность для различных типов конструкций	Табл. 15
Разность высот: - между смежными камнями/плитами с плоской поверхностью - между камнями/плитами с рельефной поверхностью - рядом с желобами - рядом со встраиваемыми элементами - рядом с прилегающими покрытиями	 ±2 мм ±5 мм +3…10 мм +3…5 мм +3…5 мм
Наклон (для плит)	± 0,4 %
Ширина шва: - камни мощения толщиной до 12 см - камни мощения толщиной от 12 см - плиты мощения толщиной до 12 см - плиты мощения толщиной более 12 см	 3…5 мм 5…8 мм 3…5 мм 5…10 мм
Толщина подстилающего слоя в уплотненном состоянии*: - камни мощения толщиной до 12 см - камни мощения толщиной от 12 см - плиты мощения толщиной до 12 см - плиты мощения толщиной более 12 см	 30…50 мм 40…60 мм 30…50 мм 40…60 мм
Продольный уклон желобов	> 0,5 %
Плоскостность желобов	< 5 мм/4м**
* Толщина подстилающего слоя с учетом запаса на вибропросадку камней должна быть увеличена на 10…15 мм. ** Измерения производятся с применением 4-х метровой рейки.	

6.3.10.2 При сдаче тротуара в эксплуатацию швы должны быть заполнены на всю высоту.

6.3.10.3 Проектные прямолинейные в плане швы в натуре не должны иметь видимых отклонений от прямой линии.

6.3.10.4 Поверхность покрытия должна иметь результирующий общий уклон в сторону водоприемных устройств не менее 2,5 % (табл. 14, Приложение В7.1-В7.2). Результирующий уклон должен определяться на каждом проектном поперечнике, но не реже, чем через 10 м по длине покрытия. На поверхности покрытия не должно быть местных углублений, в которых может застаиваться вода. Поперечный уклон, измеренный на базе 0,5 м, в любом месте покрытия должен быть не менее 0,5 %.

Таблица 14 — Контроль ровности дорожных покрытий из плит/камней мощения.

Категория использования	Вид покрытия	Уклон %	Максимальный просвет под рейкой, мм		
			1 м	2 м	3 м
N1	Камни/плиты	≥ 2,0-2,5	≤ 4	≤ 6	≤ 10
N2,N3	Камни/плиты	≥2,5	≤ 4	≤ 6	≤ 10
N1,N2,N3	Водопроницаемые покрытия	≥1	≤ 5	≤ 8	≤ 10
	Комбинированные покрытия	≥1	≤ 15	≤ 17	≤ 20

6.3.10.5 Соответствие вертикальных отметок проектным должно проверяться на каждом проектном поперечнике и не реже 20 м. Отклонение не должно превышать ± 20 мм.

Максимальный просвет под рейкой – см. табл. 14.

6.3.10.6 Несущее основание устраивается с такими же уклонами, что и покрытие.

Определение ровности и поперечного уклона

6.3.10.7 Перед определением ровности необходимо очистить покрытие от излишков песка, раствора и других загрязнений.

При определении просветов под 4-хметровой 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.

6.3.10.8 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 – положение 1 (см. рис.2). Измерения выполняются по изложенной выше методике, после чего рейка поворачивается вокруг центра в положение 2 и измерения повторяются. Затем рейка перемещается вдоль тротуара, как указано выше.

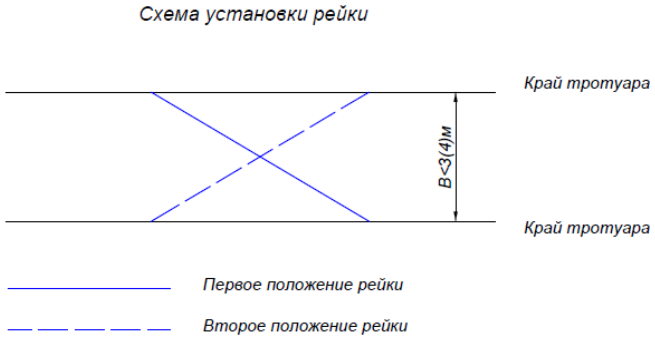


Рисунок 2– Измерение ровности в поперечном направлении
(*B*- ширина тротуара, меньше длины рейки)

Результирующий уклон определяется по формуле:

$$i = (i\text{поп}^2 + i\text{прод}^2)^{1/2} \quad (10)$$

где - $i_{поп}$ поперечный уклон покрытия;

$i_{прод}$ - продольный уклон покрытия.

6.3.10.9 Поперечный уклон определяется или по данным нивелирования точек, расположенных по краям покрытия, или специальным уклономером. Продольный уклон определяется нивелированием или уклономером по оси или по краю тротуара. Если по условиям водоотвода покрытие тротуара предусмотрено с пилообразным продольным профилем, то при приемке проверяется продольный уклон по краю, по которому предусмотрен пилообразный профиль.

6.3.10.10 Поперечный уклон на базе 0,5 м следует проверять точным нивелированием или специальным уклономером. Может быть использован уровень с рейкой длиной 0,5 м. Схема проверки поперечного уклона для этого случая представлена на рис. 3.

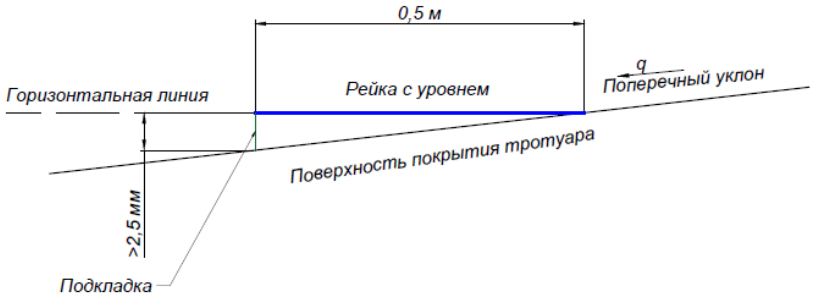


Рисунок 3 – Пример проверки поперечного уклона

6.3.10.11 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.).

6.3.10.12 Примыкания к канализационным люкам, водосборным лоткам, каким-либо другим встроенным в покрытие элементам, изменение направления рисунка мощения должны быть выполнены с учетом правил выполнения подрезки (п. 6.3.5, Приложение В9.1 –В9.2).

6.3.10.13 В течение 1-3 месяцев с начала эксплуатации должен быть организован контроль покрытия с целью проверки заполнения швов, функционирования ливневой системы и устранения возможных местных деформаций.

6.3.11 Ненормируемые параметры

6.3.11.1 Помимо вопроса соответствия действующим нормам, 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 [23]. Поэтому, несмотря на определенные нормами характеристики качества, всегда имеются различные особенности 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, время высыхания изделий, повреждение поверхности изделий от вибрации при их осадке, образование луж.

6.3.11.2 Околы бетона ребер камней/плит могут образовываться во время ненадлежащей транспортировки или при неправильной укладке, когда получаются слишком узкие швы. Незначительное откалывание кромок не влияет на эксплуатацию мощеных покрытий.

6.3.11.3 Ни одно из изделий не будет соответствовать другому. Бетонные камни/плиты 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.

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

Главный принцип укладки заключается в том, что камни из нескольких транспортных поддонов смешиваются друг с другом (п.6.3.3).

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.

Светлые цвета бетонных камней и плит особенно подвержены загрязнению уже при укладке и даже последующая мойка покрытия может не придать плитам изначальный внешний вид, что не является однозначным признаком не качественности изделий или проведения работ по мощению.

6.3.11.4 Под выцветанием (высолами) 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 материалах основания.

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

6.3.11.5 Неравномерно высыхающие поверхности являются типичными. Принципиально существуют требования только к максимальной гигроскопичности (водопоглощению).

Время высыхания может быть различным для камней одного и того же производства.

Наряду с количеством впитанной воды процесс высыхания существенно определяется размером пор капилляров, температурой воздуха, а также относительной влажностью воздуха. Так даже незначительные различия в гигроскопичности и структуре пор изделий ведут к сильно отличающемуся времени высыхания покрытия. Это явление не является недостатком и прямым доказательством низкой характеристики водопоглощения. Однако слишком большое время высыхания покрытия может стать признаком слишком высокой гигроскопичности.

6.3.11.6 Оси швов мощения должны быть прямолинейными. На основании данной формулировки неровные очертания швов становятся причиной разногласий. Для отклонений от прямой линии не имеется специального значения допуска. Здесь может быть принят позиционный допуск ± 2 см, но без учета рассматриваемой длины этот размер проблематичен. При незначительных длинах - до 10 м он выявляет не эстетичный вид покрытия, а при больших

длинах свыше 100 м отклонения значительно больше этих позиционных допусков зрительно не выделяются. В большинстве случаев измерение производится как измерение отклонения от натянутого шнура.

6.3.11.7 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.

7 Эксплуатация дорожных покрытий из плит/камней мощения

7.1 Начало эксплуатации

7.1.1 В начальный период эксплуатации (1 месяц), когда происходит дополнительная осадка камней, следует ограничить возможность движения по покрытию подвижной нагрузки [15]. Для этого дорожные службы и Государственная инспекция 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.

7.1.2 Не следует оставлять песок на поверхности мощения в течение длительного срока, так как это приводит к изменению цвета поверхности мощения и пятнам, пылеобразованию и загрязнениию окружающей среды.

7.1.3 При применении для заполнения швов между 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.

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

7.1.5 При нанесении гидрофобизаторов и других составов на поверхность изделий, эксплуатацию покрытия следует разрешать только после завершения их высыхания (закрепления, стабилизации) согласно инструкции производителя.

7.2 Оценка технического состояния

7.2.1 Регулярный контроль и технический уход повышают срок службы дорожных покрытий из камней мощения. Минимум один раз в год проводят визуальный контроль с целью заблаговременного выявления возможно начинающихся разрушений (см. табл. 15). Не следует запускать обнаруженные разрушения, 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 15 – 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.

7.2.2 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.

7.3 Мероприятия по содержанию

7.3.1 Дорожные покрытия из плит/камней мощения обычно светлее, чем, например, асфальтобетонные. Поэтому кроме санитарно-гигиенического значения их очистка обуславливается эстетическими требованиями. Очистку покрытий от пыли и грязи можно выполнять с помощью тротуароуборочных машин и при необходимости использовать уличные пылесосы и системы для очистки под высоким давлением. При очистке водой следует следить, чтобы не размывался материал заполнения швов.

7.3.2 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. пункт 6.3.7), 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;
- повышение интенсивности цвета (небольшой эффект мокрой поверхности);
- уменьшение склонности к выцветанию, загрязнению;
- упрощение удаления наледи.

7.3.3 Зимой, во избежание разрушения лицевой поверхности камней/плит, 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 мытую (очищенную от посторонних примесей) мраморную (предпочтительно) или гранитную крошку фр.0,16-3 мм. После таяния снега/льда крошка должна быть обязательно удалена с покрытия, так как может оказать на него абразивное воздействие.

7.3.4 Для предотвращения применения 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.

7.3.5 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. Положительным эффектом также является снижение травматизма и аварийности.

7.3.6 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. Со мхом в швах между плитами/камнями лучше бороться с помощью извести (осень, ранняя весна) или механическим способом.

Применение специальных материалов заводского изготовления для заполнения швов (п.6.2.4) существенно снижает риск зарастания швов сорняками.

7.3.7 Комбинированные 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.

7.3.8 Используются средства для удаления следов ржавчины, высолов и остатков цемента, пасты для удаления масляных загрязнений, цветные пропитки для восстановления цвета.

7.3.9 Общий перечень необходимых мероприятий по содержанию покрытий из камней/плит мощения приведен в табл. 16.

Таблица 16 – Перечень необходимых мероприятий по содержанию покрытий из камней/плит мощения

Срок с момента начала эксплуатации	Мероприятия
1-3 месяца	• Проверить заполнение швов • Устранить возможные местные деформации (просадки, сдвиги). • Проверить функционирование ливневой системы • При появлении высолов (белых налетов), в целях улучшения внешнего вида 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).
1 год и более	• 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. • Обработка швов гербицидом, если имеется нежелательный рост в швах сорняков, лишайников, мхов и т.д. • Обработка швов мощения средствами от насекомых (при необходимости). • Визуальный осмотр покрытия (не менее 1 раза в год) и при необходимости его ремонт.

7.4 Удаление высолов и белых налетов

7.4.1 Во время эксплуатации (как правило, в начальный период) возможно выветривание (выцветание) бетонных плит/камней, подвергающихся воздействию влаги с переменной интенсивностью и входящего в состав воздуха углекислого газа [15]. Поверхность мощения покрывается белыми инеобразными, кристаллическими солевыми налетами (высолами). Декоративные свойства покрытия при этом нарушаются. Сам по себе белый налет не является дефектом и относится к ненормируемым параметрам при приемке покрытий.

7.4.2 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.

7.4.3 В процессе высолообразования участвуют и иные 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 металлов с переменным содержанием кристаллизационной воды. Следует учитывать также воздействие на дорожное покрытие кислотных дождей и общее количество атмосферных осадков. Отсутствие дренажа или затрудненное дренирование основания также может стать причиной появления высолов на поверхности мощения (см. п. 5.3).

7.4.4 В процессе службы мощения ещё одним источником растворимых солей могут являться бетонное основание и цементно-песчаная смесь, на которую может выполняться укладка плит/камней. Поэтому, укладка камней/плит на подстилающий слой из цементно-песчаной смеси не допускается.

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

7.4.6 Для удаления высолов и их профилактики, а также для устранения других загрязнений с поверхности мощения, применяются специальные чистящие средства. Средства следует использовать в соответствии с указаниями производителя. При воздействии чистящих средств возможно изменение цвета лицевой поверхности камней/плит. Перед началом обработки всего покрытия, следует произвести пробную обработку на небольшом (тестовом) участке. Следует избегать контакта чистящих средств с растениями.

7.4.7 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.

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

7.5 Ремонт и восстановление после вскрытий

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

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

7.5.3 Края мощения, примыкающие к ремонтируемому участку, должны быть надежно зафиксированы; при этом должен иметься необходимый запас для устройства подстилающего слоя от края существующего мощения до ремонтируемого участка (Приложение В11).

7.5.4 Толщина подстилающего слоя должна обеспечивать высотные отметки восстанавливаемого дорожного покрытия.

7.5.5 Разборка покрытий должна производиться 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.

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

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

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

7.5.9 Технически правильное восстановление мощения характеризуется одинаковым количеством камней, с одинаковой шириной шва, как и на площади не затронутой ремонтом [23]. 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.

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

7.6 Дефекты

7.6.1 Наиболее часто встречаемые дефекты дорожных покрытий из искусственных камней мощения и причины их возникновения, следующие [23]:

7.6.1.1 Отшелушивание декоративного поверхностного слоя: до начала эксплуатации – производственный дефект, после начала эксплуатации – производственный дефект или неправильная эксплуатация (обильное применение противогололедных средств, металлических инструментов для очистки от льда и т.п.).

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

7.6.1.3 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.

7.6.1.4 Преждевременные деформации, возникающие 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 дан ее надежный прогноз в зависимости от трафика движения и подтвержденных особенностей условий эксплуатации проектируемого объекта. Только соблюдение этих требований приводит к корректному проектированию конструкции, ее толщины, выбору минеральных заполнителей для швов, выбору элементов мощения и вида укладки.

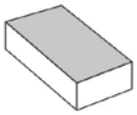
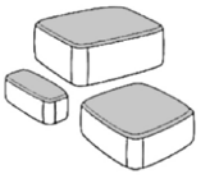
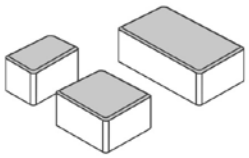
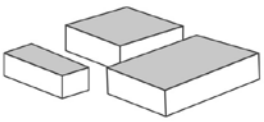
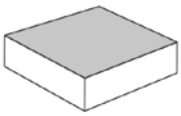
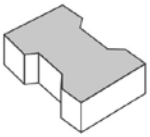
7.6.1.5 Горизонтальное смещение камней мощения, вызванное несоответствующими материалами швов или не полностью заполненными швами. Горизонтальная нагрузка от трафика может компенсироваться только полностью заполненными швами. Если швы не полностью заполнены или заполнитель швов не соответствует требованиям,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

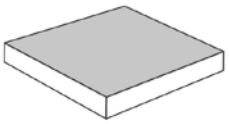
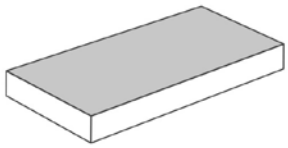
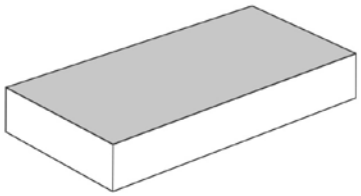
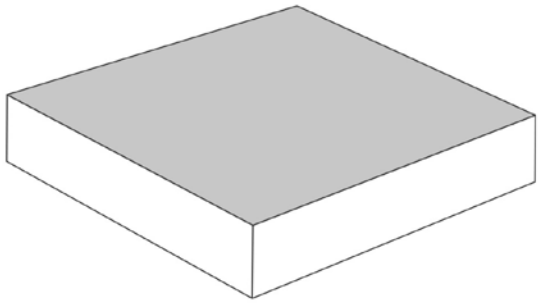
7.6.1.6 Колейность. Колейность является пластической деформацией вследствие периодических нагрузок сжатия с сильными осевыми нагрузками на недостаточно уплотненные слои основания, ведущих к образованию неровностей поверхности. Длительные постоянные деформации следует отличать от точечных (локализованных или неравномерно

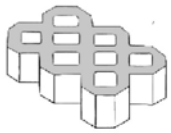
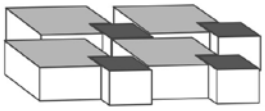
распределенных) деформаций, вызванных неравномерно уложенным и/или слишком толстым слоем основания.

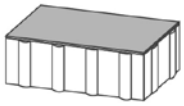
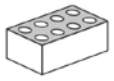
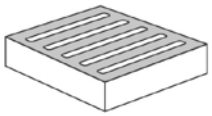
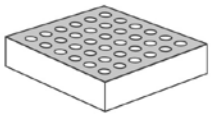
7.6.2 Кроме рассмотренных выше видов повреждения мощения имеется широкий ряд ошибок, связанных с несоответствием высотных отметок проектным значениям, нарушением ровности, уклонов и прямолинейности рядов.

Приложение А
(справочное)
Примеры вибропрессованных камней и плит мощения

Общий вид изделия	Габаритные размеры (длина х ширина х высота)
Камни мощения с прямолинейными боковыми гранями (без зацепления)	
	200x100x40; 200x100x60; 200x100x80; 200x100x100
	180x120x60/80 120x120x60/80 120x60x60/80
	160x160x60/80 260x160x60/80 100x160x60/80
	160x160x60 240x160x60 80x160x60
	200x200x60
Камни мощения с криволинейными боковыми гранями (с зацеплением)	
	222x109,5x60 222x109,5x80 222x109,5x100
	197x162x60 197x162x80

Общий вид изделия	Габаритные размеры (длина х ширина х высота)
Камни мощения с криволинейными боковыми гранями (с зацеплением)	
	197x197x100
Плиты мощения	
	300x300x40 300x300x50 300x300x60
	600x300x60 600x300x80
	1000x500x100
Плиты мощения крупноформатные	
	1000x1000x160

Общий вид изделия	Габаритные размеры (длина х ширина х высота)
Плиты и камни для устройства комбинированных покрытий	
	596x396x80
	500x500x80
	300 x150x80 450x225x80
	197x197x80 97x97x80

Общий вид изделия	Габаритные размеры (длина х ширина х высота)
Камни мощения для устройства дренирующих покрытий	
	239x119x80
Камни и плиты мощения с тактильными указателями	
  	300 x300 x80 300 x300 x80 200 x100 x80

Приложение Б
(справочное)
Оформление поверхности земли средствами мощения

1. Внешний вид дорожного покрытия из камней/плит определяется их размерами и формой, цветом и видом лицевой поверхности.

2. Не следует стремиться к максимальному наполнению поверхности земли мощением различных цветов и фактур без какого-либо определенного смысла. В проектах благоустройства мощение целесообразно использовать для следующих целей.

2.1 Обозначение границ пространств с различным характером использования: акцентирование на приоритетность движения пешеходов, формирование системы ориентации для людей с ослабленным зрением (см. ГОСТ Р 52875-2018 “Указатели тактильные наземные для инвалидов по зрению. Технические требования”), выделение дифференцированных полос для движения и пребывания людей в структуре пешеходных зон, указание на направления движения к объектам различного назначения, обозначение мест стоянок и остановок автотранспорта.

2.2 Формирование индивидуального облика общественного пространства: двора, квартала и других территорий. Это достигается за счет подбора материалов для мощения и использования художественных акцентов, характерных знаков и символов.

3. С применением мощения на поверхности земли могут быть изображены знаки, символы и орнаменты.

4. При определении цветового решения поверхности покрытия следует учитывать местные климатические условия, архитектурную колористику фасадов зданий и сооружений, архитектурно-пространственное единство среды.

5. 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.

6. Для обеспечения контрастных эффектов при любой погоде, рекомендуется использовать чередование камней, особенно цветных, изготовленных с применением белого цемента, с различной лицевой поверхностью (гладкой, текстурной, с различными видами механической обработки); чередование камней различной геометрической формы.Для улучшения интенсивности, яркости, выразительности цвета (создания эффекта мокрой поверхности) могут применяться специальные составы – интенсификаторы цвета, гидрофобизаторы, очистители поверхности и грязеотталкивающие жидкости (см. разделы 6.3.7 и 7.4).

7. 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 мощение из камней/плит различных цветов или мощение из изделий, изготовленных по технологии колормикс.

8. Эстетически мощение будет выглядеть лучше, если будет завершаться так называемым “ложковым” рядом.

9.Для применения мощения в проектах, которые будут проходить оценку по системе LEED (The Leadershipin Energy&Environmental Design – «Лидерство в энергетическом и экологическом проектировании»), рейтинговой системе для энергоэффективных и экологически чистых зданий, при выборе цвета лицевой поверхности камней/плит следует учитывать их коэффициент отражения солнечных лучей (SRI) [24].

10. 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.

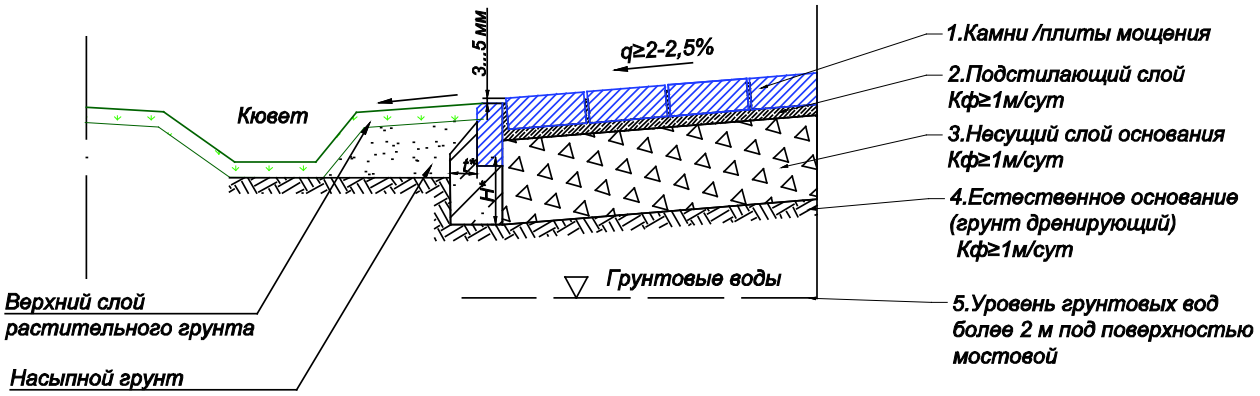
11. С целью снижения потребности в энергии охлаждения зданий и ограничения городского эффекта локального перегрева предпочтительно использовать светлые цвета мощения.

Приложение В
(справочное)
Узлы и детали дорожных покрытий из вибропрессованных камней/плит мощения

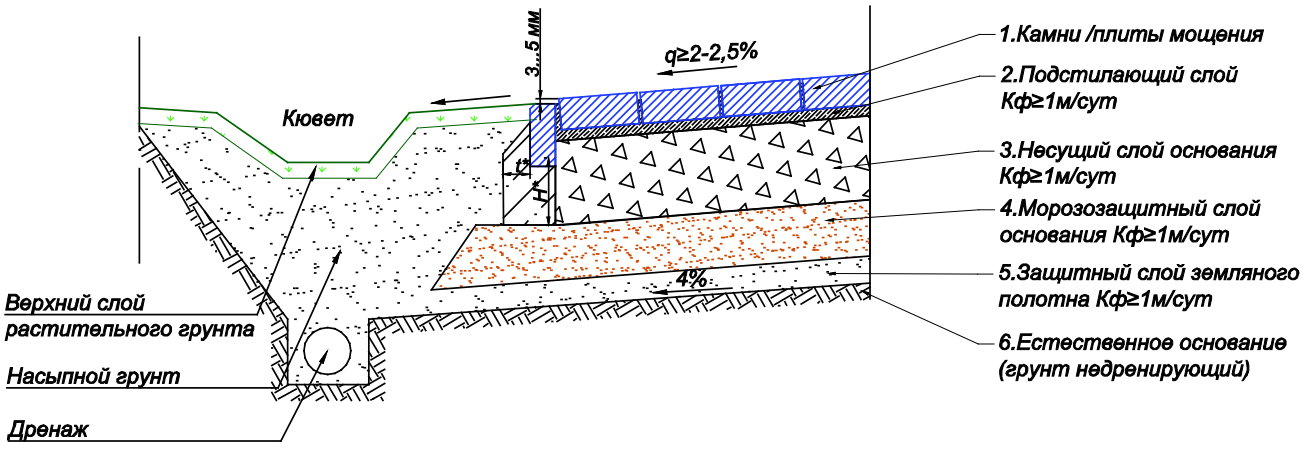
Нумерация	Перечень иллюстраций	**стр**
В1	Принципиальные варианты конструкций дорожных одежд с покрытием из вибропрессованных камней и плит	55
В2	Принципиальные варианты покрытий извибропрессованных камней и плит мощения	56
В3	Рисунки мощения	59
В4	Пример размещения тактильных наземных указателей	63
В5	Гидроизоляция подземных частей зданий, к которым примыкает мощение	64
В6	Закрепление краев мощения	65
В7	Схемы уклонов покрытий. Примеры чертежей (тротуар, примыкания дорог)	68
В8	Устройство водосборного лотка	71
В9	Изменение направления мощения. Примыкания и подрезка	73
В10	Понижения	79
В11	Восстановление мощения после вскрытий	81
В12	Геопластика средствами мощения	82
В13	Фонтаны на поверхности мощения	83
В14	Принципиальная схема применения дренирующего мощения для сбора дождевой воды	84

В1. Принципиальные варианты конструкций дорожных одежд с покрытием из вибропрессованных камней и плит

С дренирующим грунтом в основании

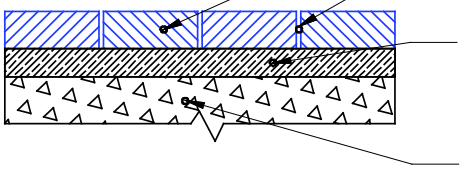


С недренирующим грунтом в основании

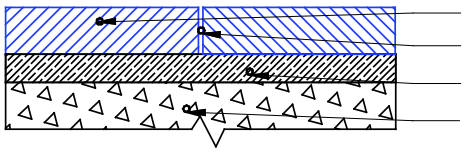


В2. Принципиальные варианты покрытий из виброперссованных камней и плит мощения

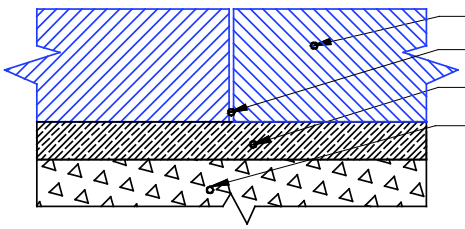
В2.1 Несвязанные (традиционные) покрытия



1.Камни мощения: 40-150 мм [1]
2.Швы: 3-5 мм для камней высотой до 120 мм; [2]
5-8 мм для камней высотой от 120мм
3.Подстилающий слой:
30-50 мм для камней высотой до 120 мм; [3]
40-60 мм для камней высотой от 120 мм
4.Несущий слой основания



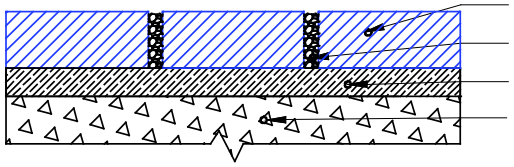
1.Плиты мощения: 40-120 мм [1]
2.Швы: 3-5 мм [2]
3.Подстилающий слой: 30-50 мм [3]
4.Несущий слой основания



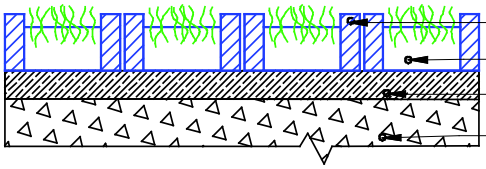
1.Крупноформаные плиты мощения:120-180 мм [1]
2.Швы: 5-8 мм [2]
3.Подстилающий слой: 40-60 мм [3]
4.Несущий слой основания

Примечание:
1. Требования к камням и плитам мощения - п. 4.2.
2. Требования к материалу для заполнения швов - п. 5.2.4.
3. Требования к материалу для подстилающего слоя - п. 5.2.3.

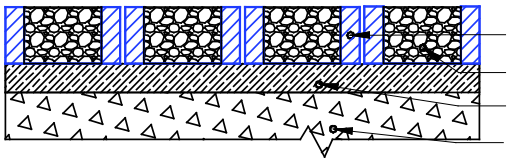
В2.2 Комбинированные и дренирующие покрытия



1.Камни мощения для дренирующих покрытий: 60-100 мм
2.Дренирующие швы [2]
3.Подстилающий слой: 30-50 мм [3]
4.Несущий слой основания



1.Камни /плиты для комбинированных покрытий [1]
2.Растительный грунт с гравием
3.Подстилающий слой: 30-50 мм [3]
4.Несущий слой основания

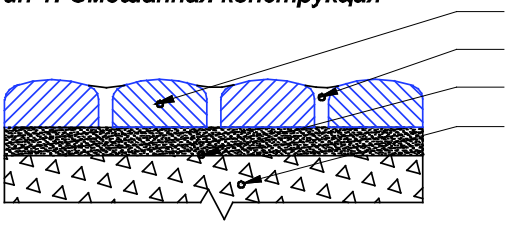


1.Камни /плиты для комбинированных покрытий [1]
2.Гравий /щебень
3.Подстилающий слой: 30-50 мм [3]
4.Несущий слой основания

Примечание:
1. Требования к камням и плитам мощения - п. 4.2.
2. Требования к материалу для заполнения швов - п. 5.2.4.
3. Требования к материалу для подстилающего слоя - п. 5.2.3.

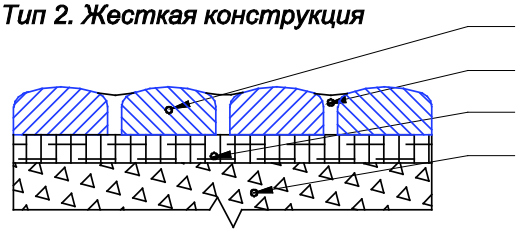
В2.3 Связанные покрытия

Тип 1. Смешанная конструкция



1.Камни /плиты мощения
2.Швы,заполненные раствором на основе вяжущих
3.Подстилающий слой из песка
4.Несущий слой основания

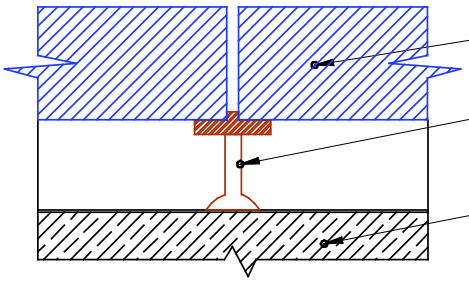
Тип 2. Жесткая конструкция



1.Камни /плиты мощения
2.Швы,заполненные раствором на основе вяжущих
3.Подстилающий слой из растворов на основе вяжущих
4.Несущий слой основания

Примечание:
1.Связанные покрытия с применением трассово-цементных, полимерных вяжущих и вяжущих из синтетических смол в настоящем документе не рассматриваются. При необходимости их применения рекомендуется руководствоваться указаниями производителей таких растворов, например, [7,8,17].

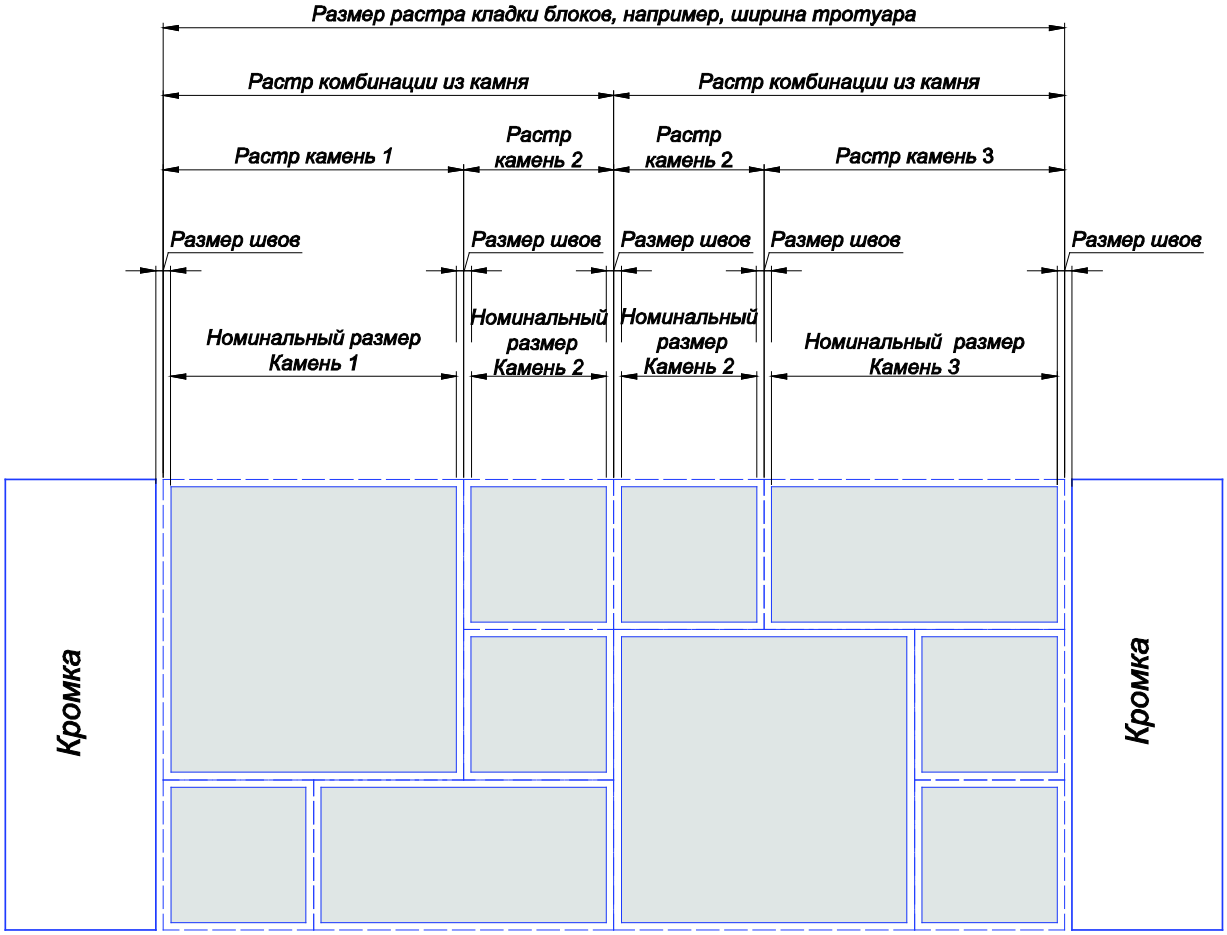
В2.4 Покрытия из крупноформатных плит на регулируемых опорах



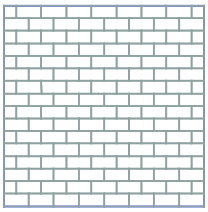
1.Плиты мощения крупноформатные
2.Регулируемые опоры
3.Несущее основание

В3. Рисунки мощения

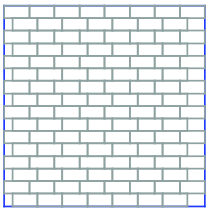
В3.1 Номинальные и растровые размеры



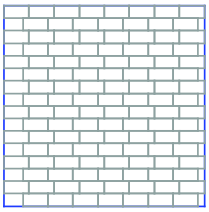
В3.2 Варианты раскладок камней/плит мощения



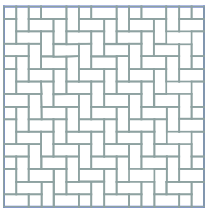
"Ложковая" укладка



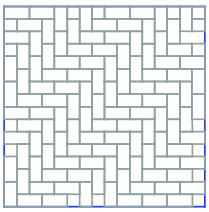
"Ложковая" укладка со смещением на одну треть



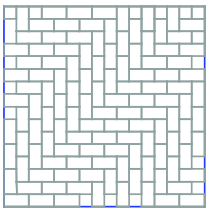
"Ложковая" укладка со смещением на одну четверть



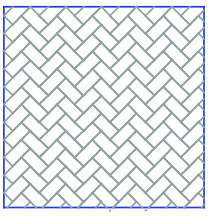
Укладка "Ёлочка 90 градусов"



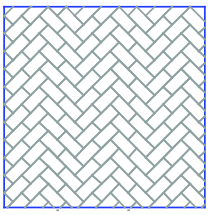
Укладка "Двойная ёлочка 90 градусов"



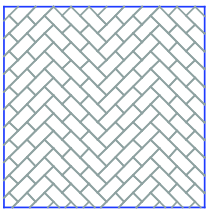
Укладка "Тройная ёлочка 90 градусов"



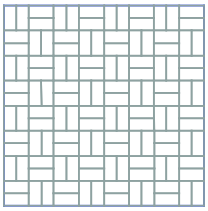
Укладка "Ёлочка 45 градусов"



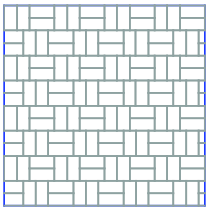
Укладка "Двойная ёлочка 45 градусов"



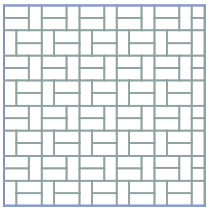
Укладка "Тройная ёлочка 45 градусов"



Укладка в шахматном порядке

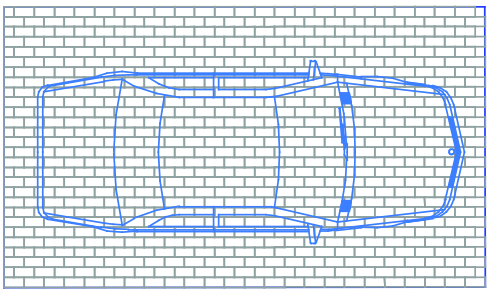


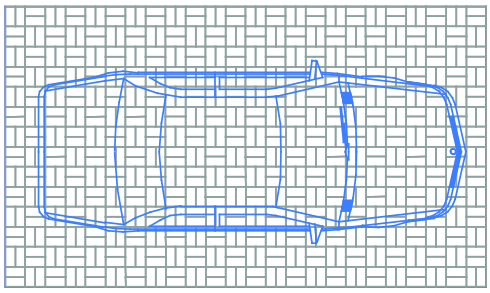
Укладка в шахматном порядке со смещением



Укладка "Калифорнийский узор"

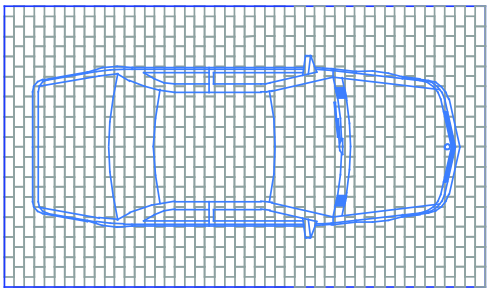
В3.3 Раскладки камней/плит мощения при автомобильном движении

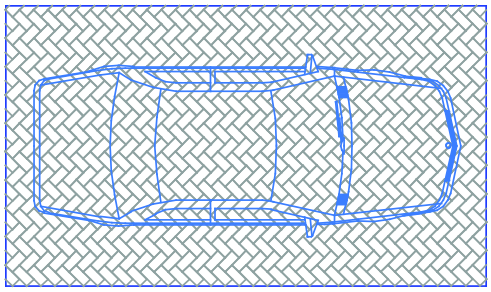




Неправильная раскладка камней/плит в дорожном покрытии

Продольная ось мощения совпадает с направлением движения автомобиля. В контакте с колесом автомобиля находится минимальное количество рядов камней. Вероятно образование колеи и износа, например, по направлению въезда в арку, на стоянку и т. п.



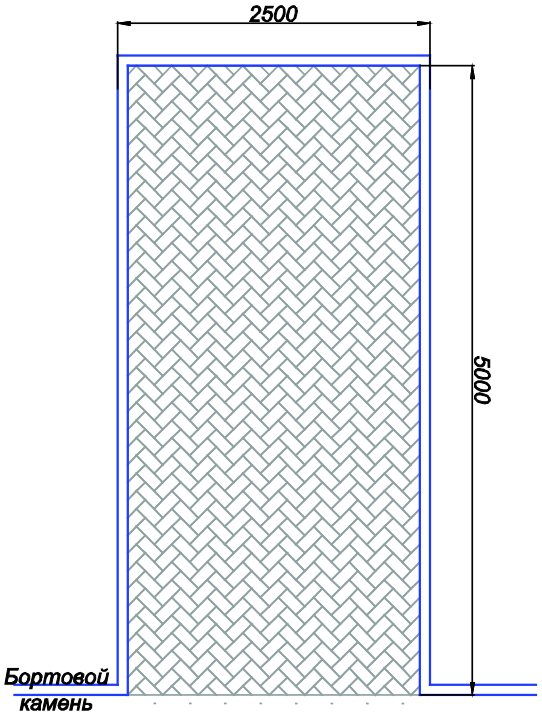


Правильная раскладка камней/плит в дорожном покрытии

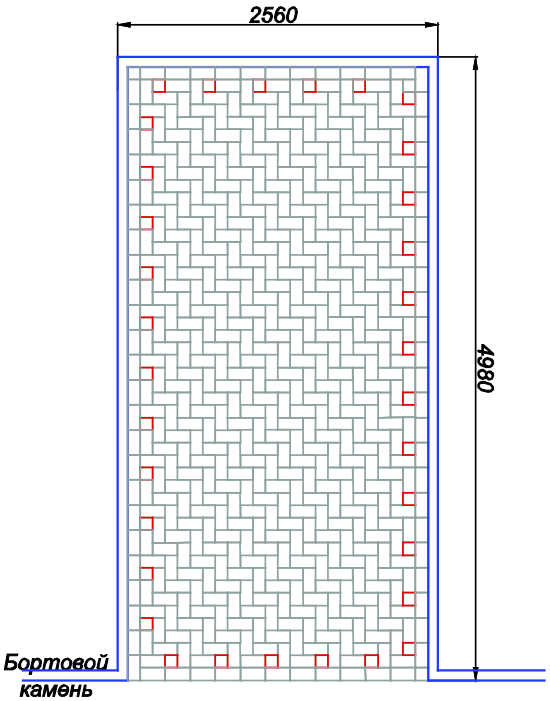
В контакте с колесом автомобиля находится большое количество камней мощения. Нагрузка распределяется на более широкую площадь. Вероятность образования колеи уменьшается.

В3.4 Пример выбора раскладки элементов мощения

Раскладка элементов в плане мощения
"Ёлочка 45 градусов"



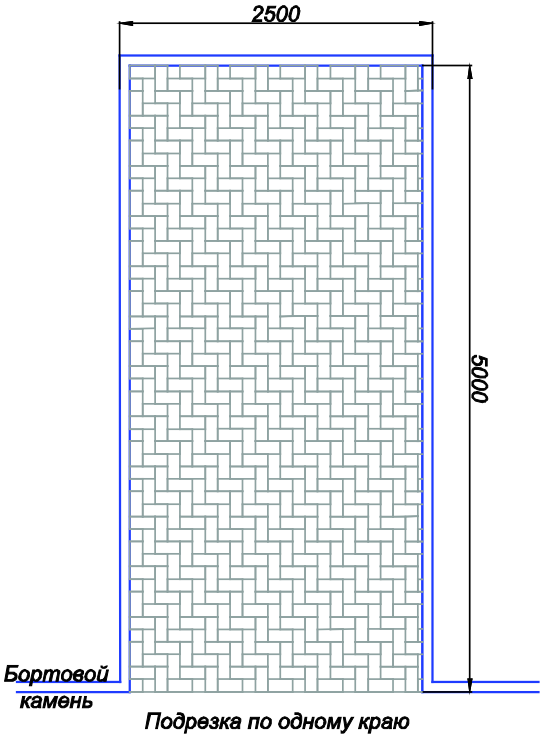
Подрезка по периметру
НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ



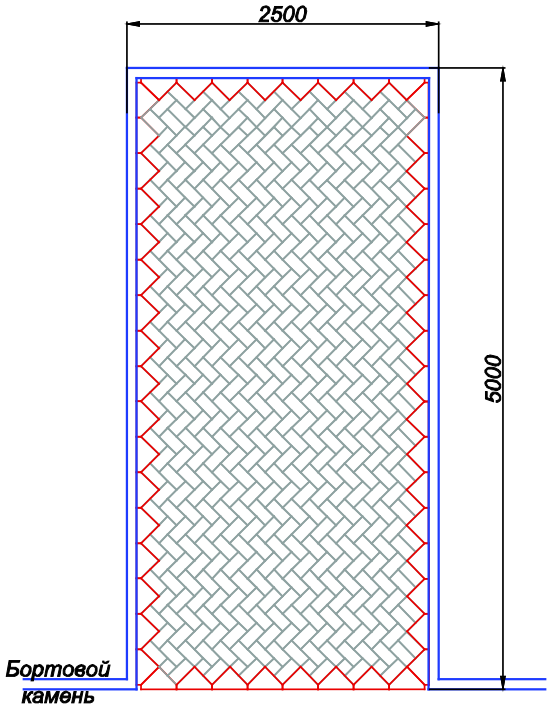
□ Доборный камень заводского изготовления

Без подрезки
РЕКОМЕНДУЕТСЯ

Раскладка элементов в плане мощения
"Ёлочка 90 градусов"



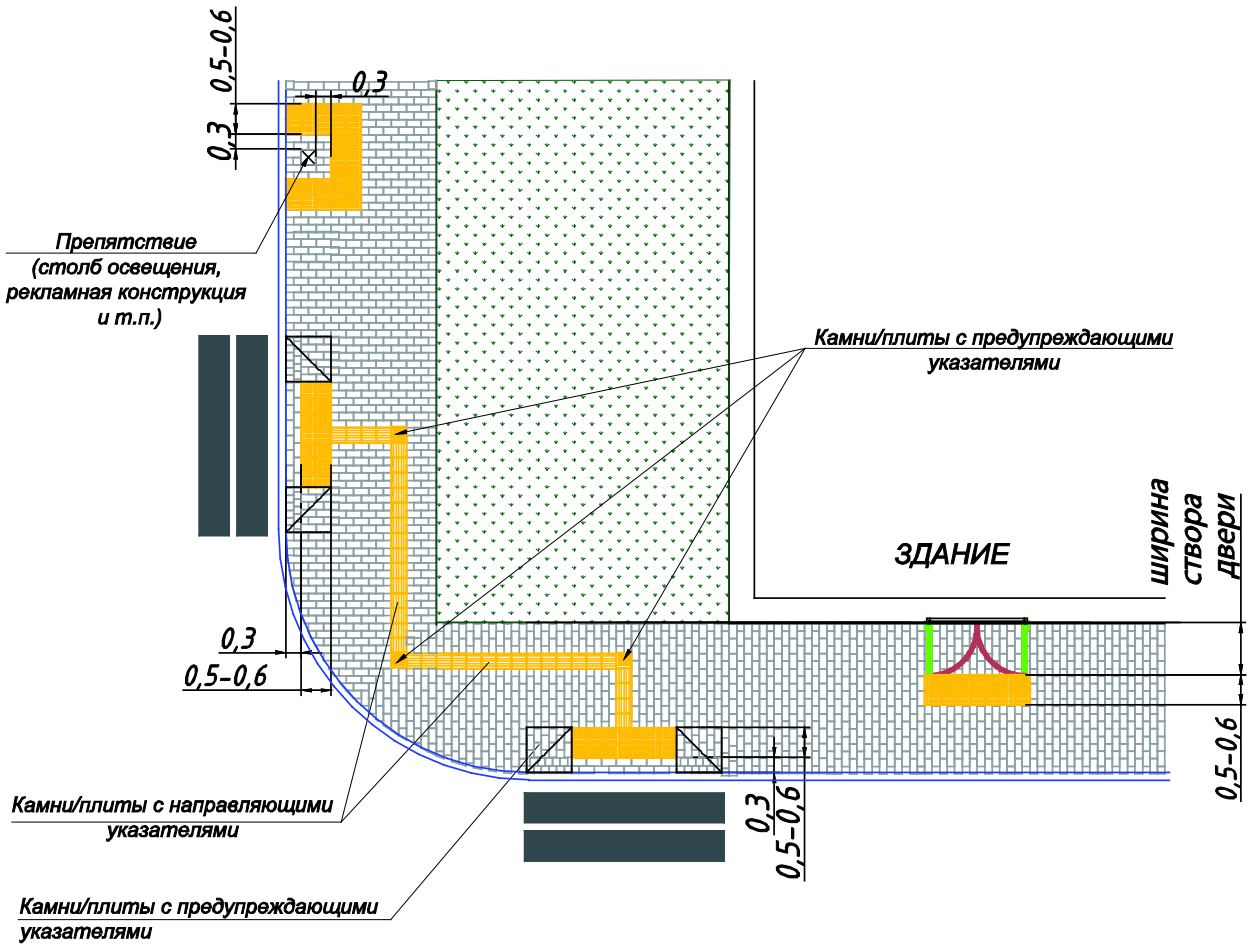
Подрезка по одному краю
НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ



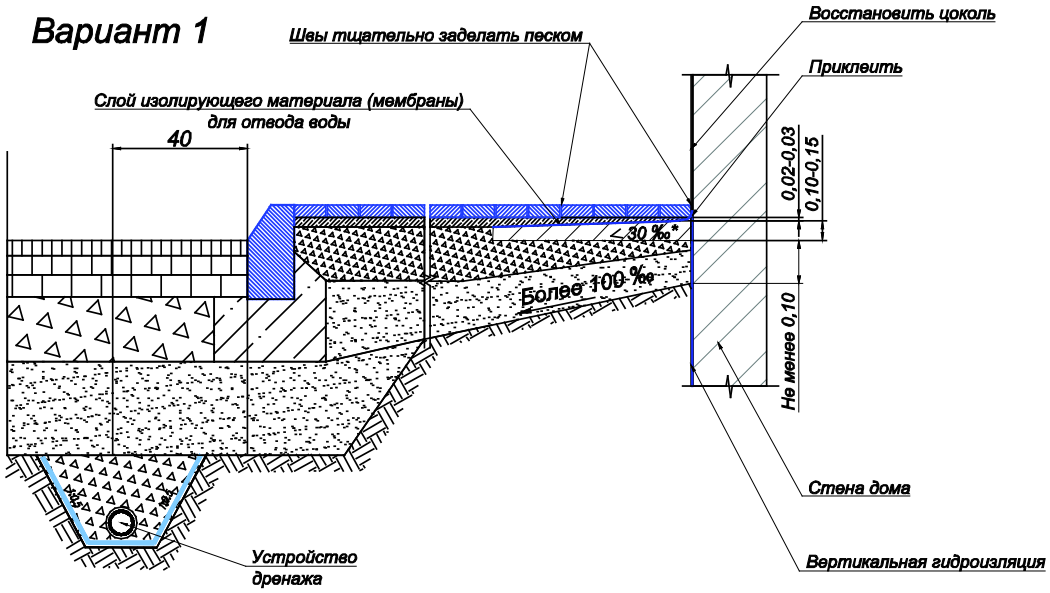
△ Доборный камень заводского изготовления

Без подрезки
РЕКОМЕНДУЕТСЯ

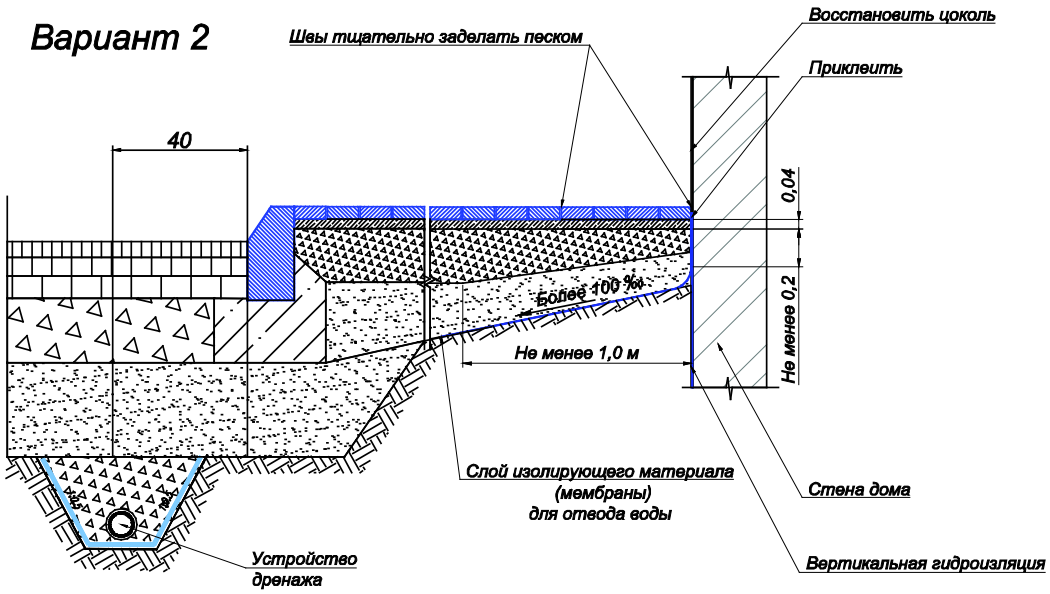
В4. Пример размещения тактильных наземных указателей



В5. Гидроизоляция подземных частей зданий, к которым примыкает мощение



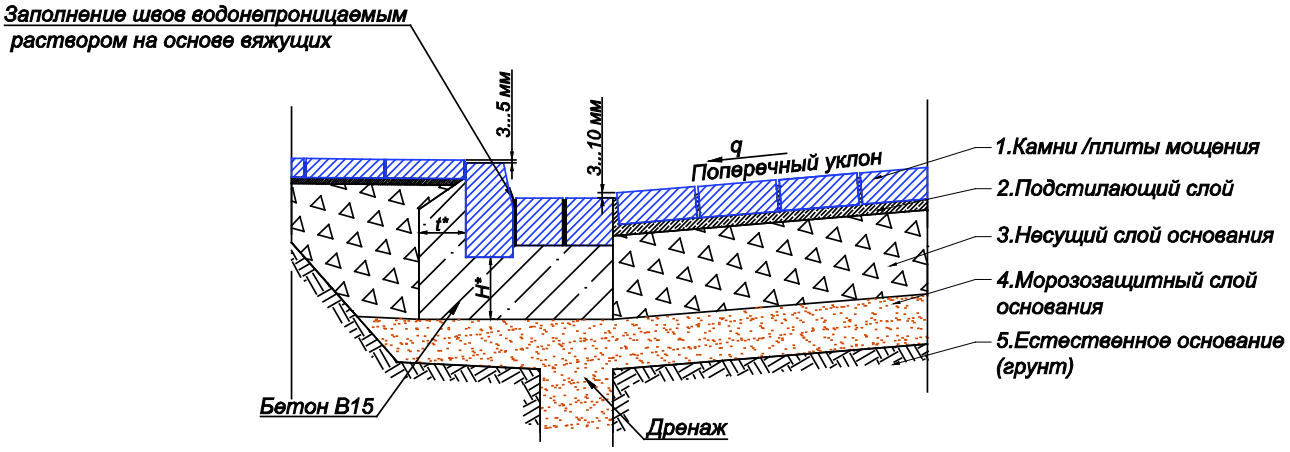
Примечание:
В условиях реконструкции при соответствующем обосновании допускается меньший уклон с учетом обеспечения водоотвода

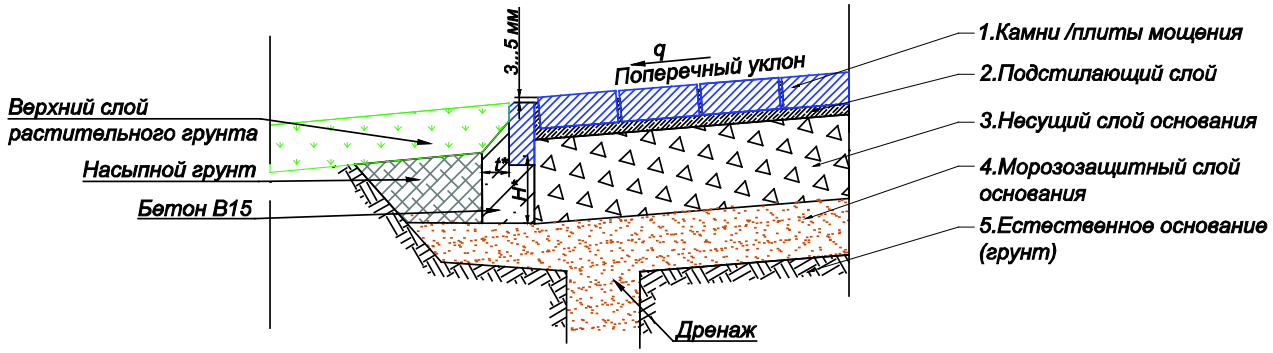


Примечание:
Ширина полосы гидроизоляции должна быть установлена по месту: ориентировочно на 20 см шире расстояния от фундамента до обычной линии каплепадения с козырька крыши, но не менее 100 см. При этом конструкция дорожной одежды должна включать водоотводящую прослойку под монтажным слоем и(или) в основании дорожной одежды.

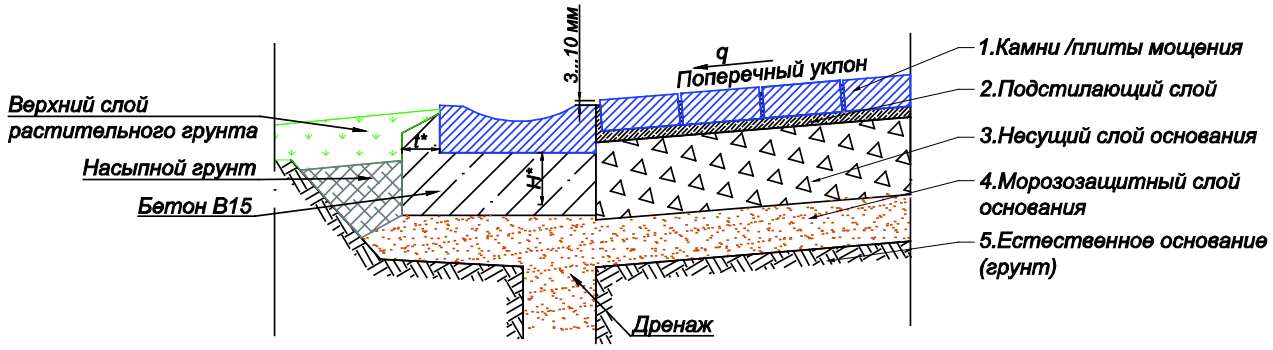
В6. Закрепление краев мощения

В6.1 Закрепление краев мощения с применением бортовых камней



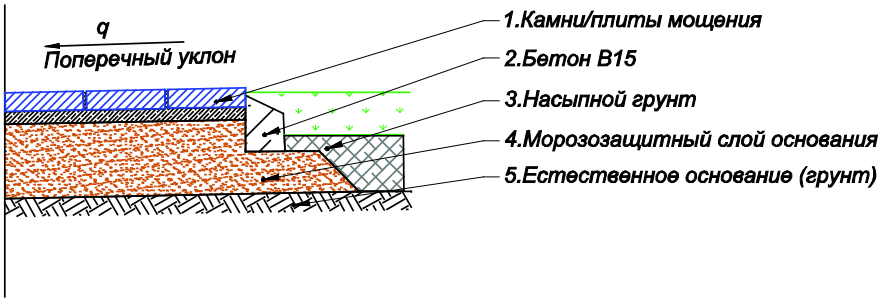


В6.2 Закрепление краев мощения с применением водосборного лотка

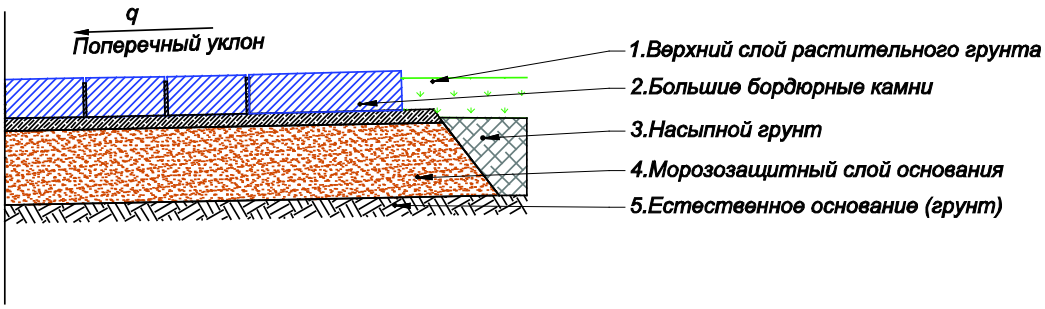


*Примечание:
H - толщина основания (табл.6)
t - ширина обратной опоры (табл.6)

В 6.3 Закрепление краев мощения с применением бетона*



В 6.4 Закрепление краев мощения с применением плит*



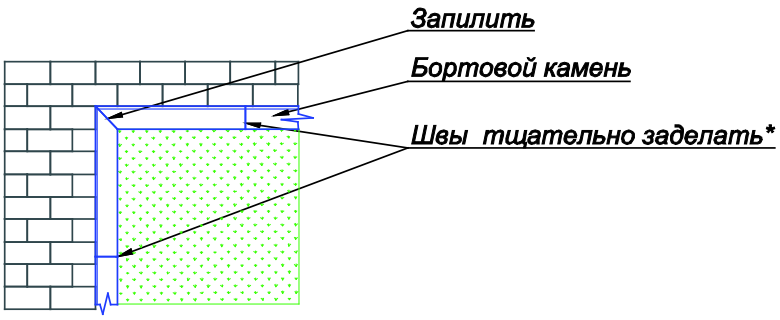
В6.5 Закрепление краев мощения с применением пластиковых лент или металлических полос*



Примечание:

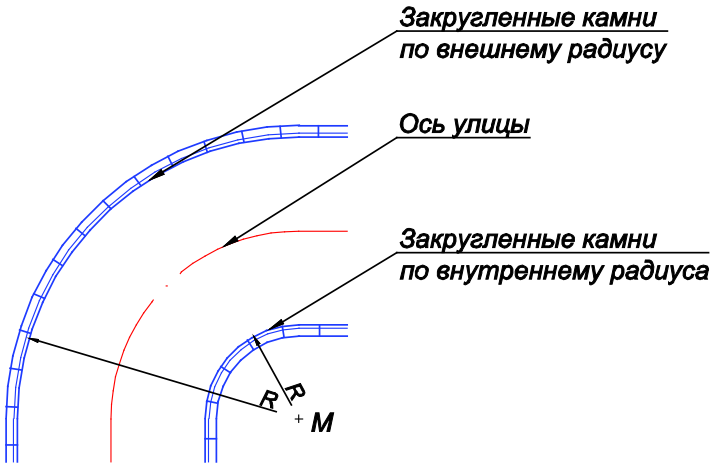
* *Только для пешеходного движения на второстепенных путях (дорожки, площадки)*

В6.6 Изменение направления бортового камня



Примечание:

* *В случае использования цветных камней может применяться соответствующее цвету заполнение швов.*

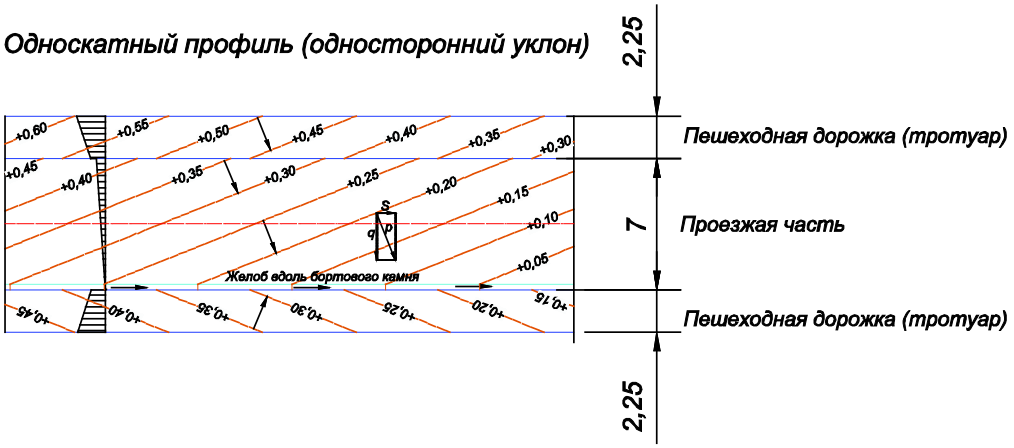


Радиус закругления, мм	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
Длина бортового камня, мм	780	780	780	780	780	780	780

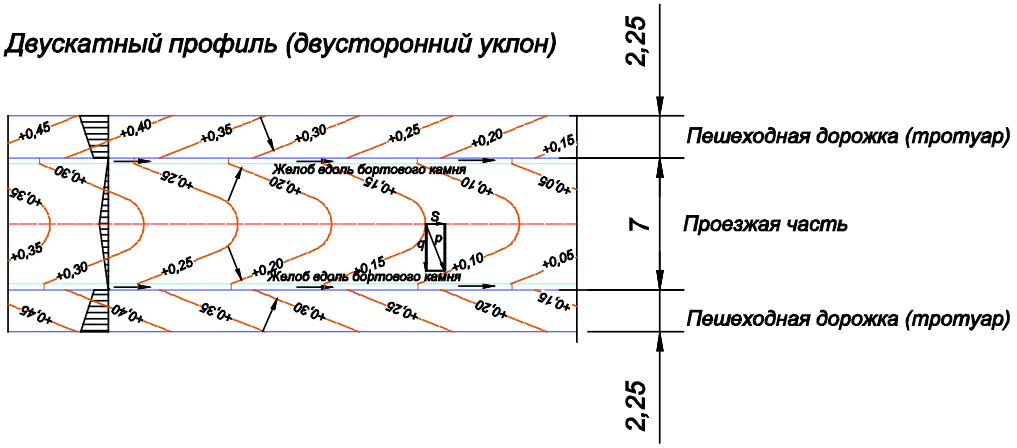
В7. Схемы уклонов покрытий. Примеры чертежей (тротуар, примыкания дорог)

В7.1 Виды уклонов поверхности проезжей части. Требования к результирующим уклонам

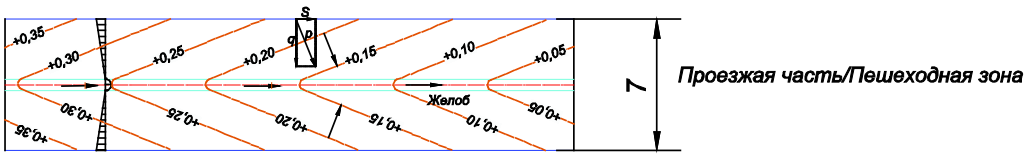
Односкатный профиль (односторонний уклон)



Двускатный профиль (двусторонний уклон)



Профиль в форме желоба (уклон в форме желоба)



Условные обозначения:

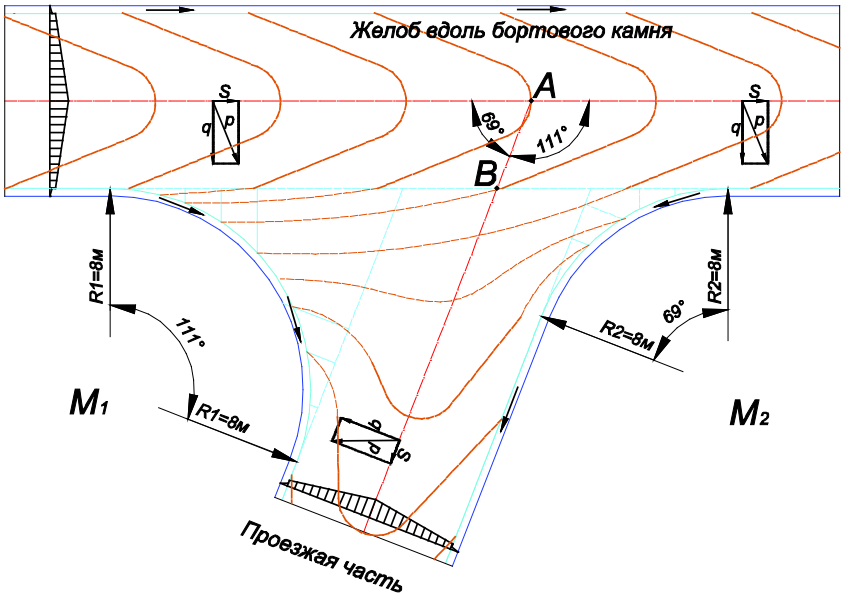
-поперечный профиль дороги
-горизонтали
-направление уклона
-бортовой камень

S - продольный уклон, ‰
q - поперечный уклон, ‰
p - результирующий уклон,‰ (p min=25‰)

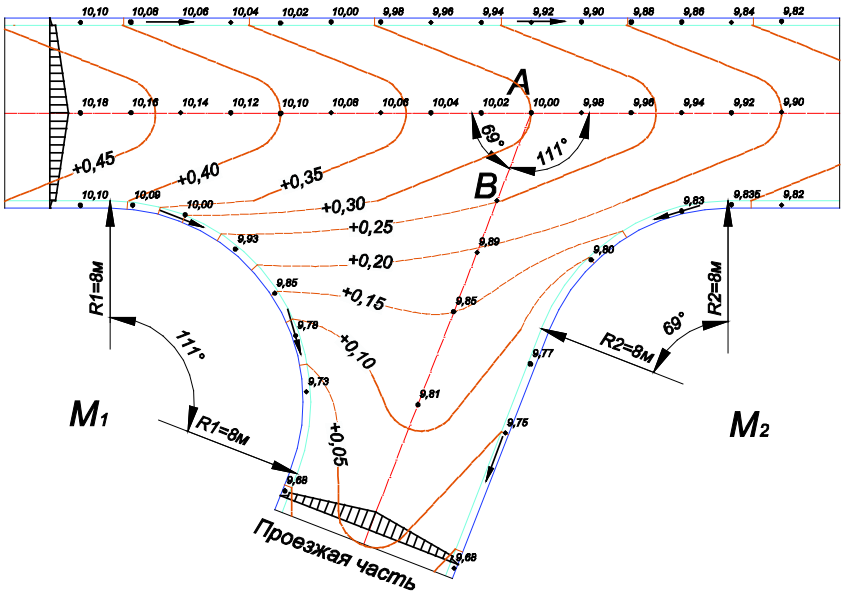
Например, при условии, что
S = 10 ‰
q = 25 ‰
Тогда p = 27 ‰

В7.2 Пример примыкания под углом. Схема высотных отметок дорожного покрытия

Схема примыкания под углом



Пример примыкания под углом с высотными отметками

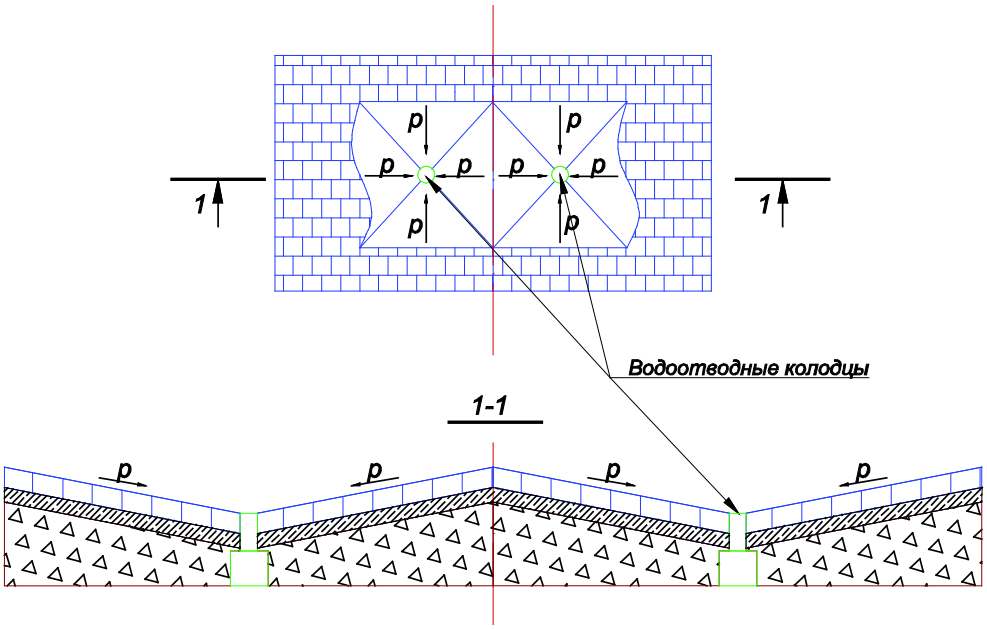


Условные обозначения:

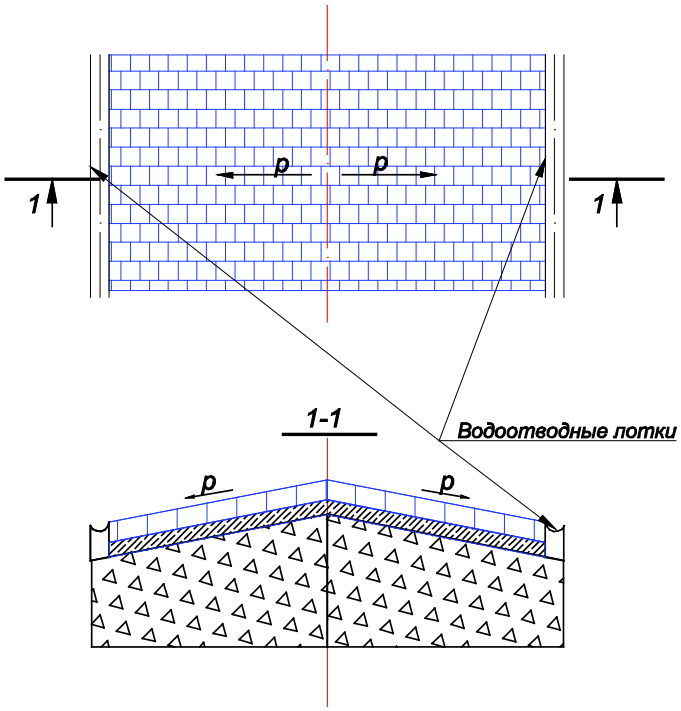
- *-поперечный профиль дороги*
- *-горизонтали*
- *-направление уклона*
- *-бортовой камень*

В7.3 Схема водоотвода

Точечный водоотвод - не рекомендуется



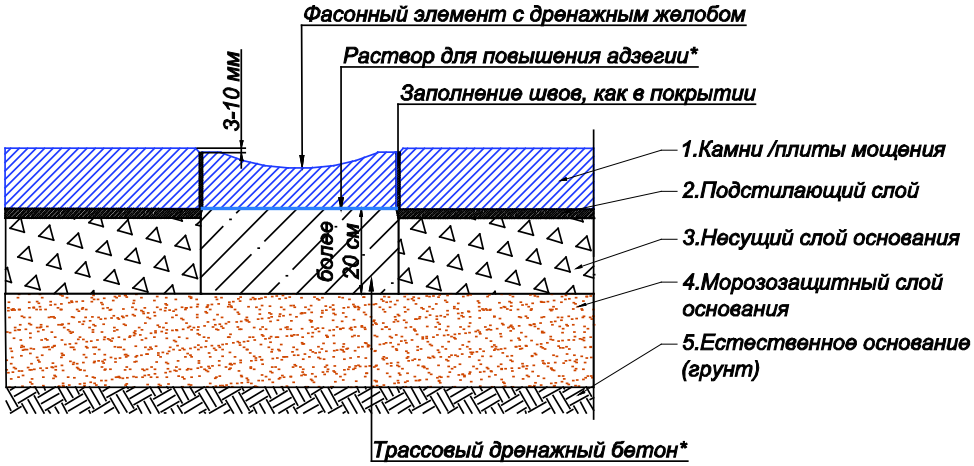
Линейный водоотвод - рекомендуется



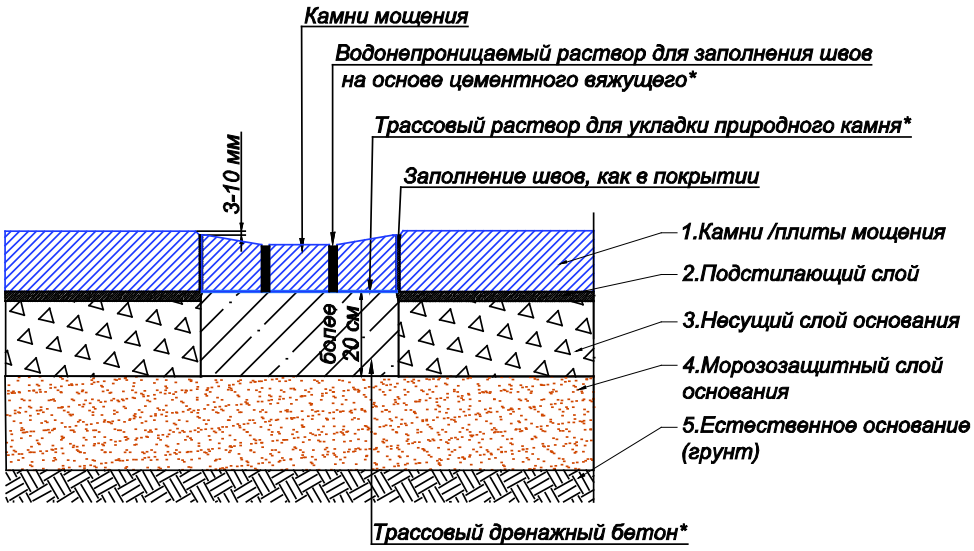
Условные обозначения:
p - результирующий уклон, ‰

В8. Устройство водосборного лотка

Открытый водосборный лоток из фасонных элементов

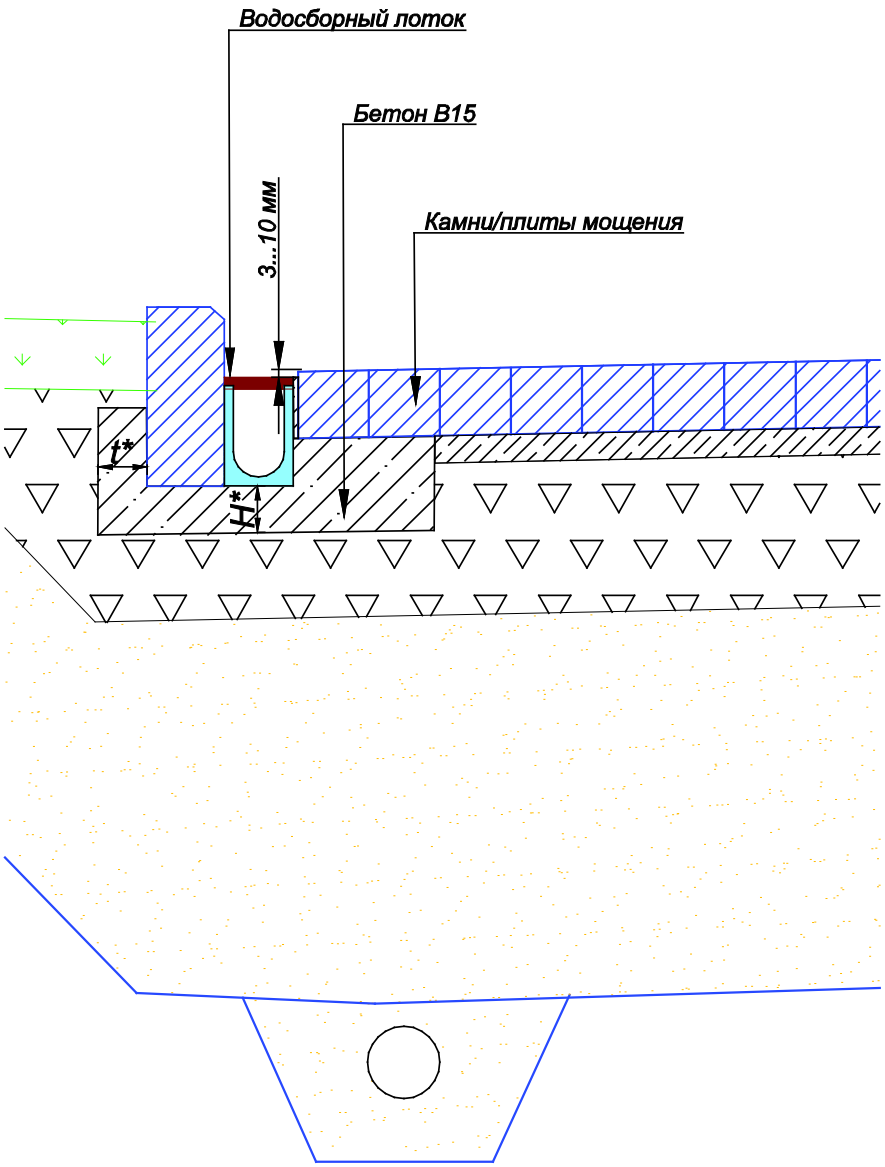


Открытый водосборный лоток из брусчатых камней



Примечание:
Требования к растворам для заполнения швов и дренажным бетонам содержатся в соответствующих стандартах производителей, например, [17].

Закрытый водосборный лоток с решеткой

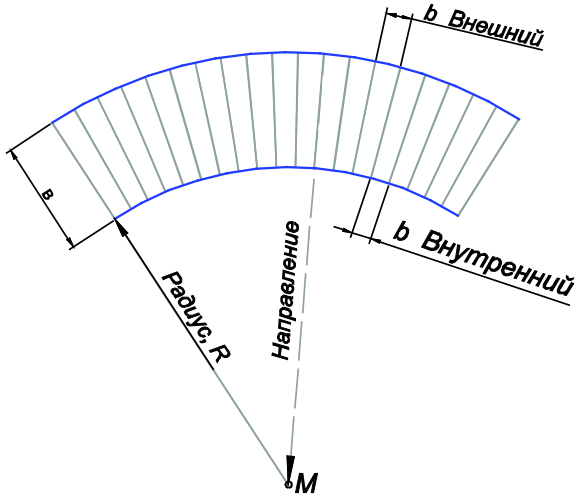


**Примечание:*
H - толщина основания (табл.5)
t - ширина обратной опоры (табл.5)

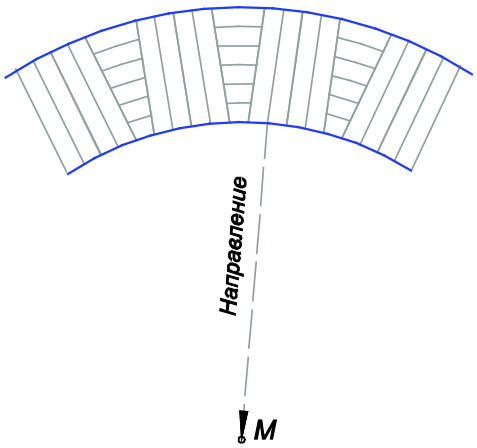
B9. Изменение направления мощения. Примыкания и подрезка

B9.1 Изменение направления шва по кривой и при изменении направления (схематично)

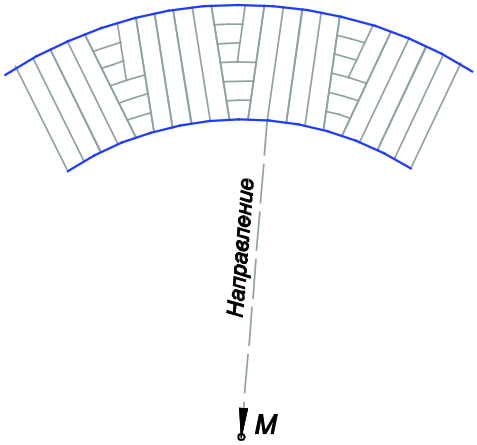
Лучевые ряды



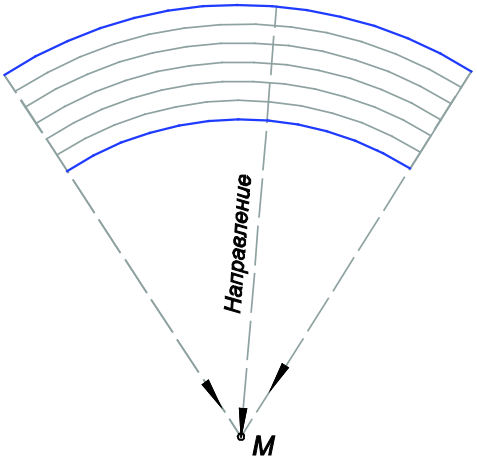
Лучевые клинья



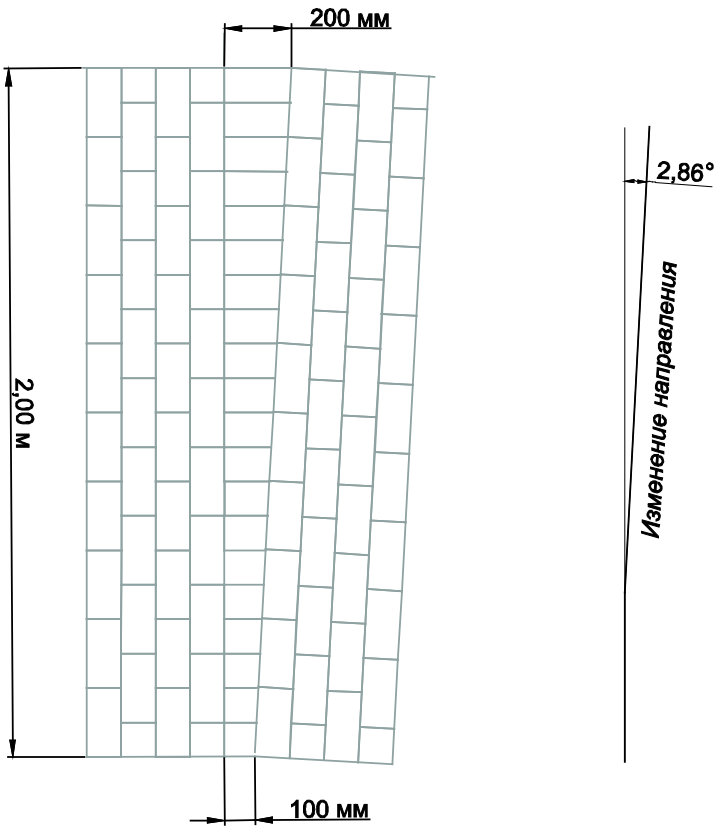
Направленные ряды



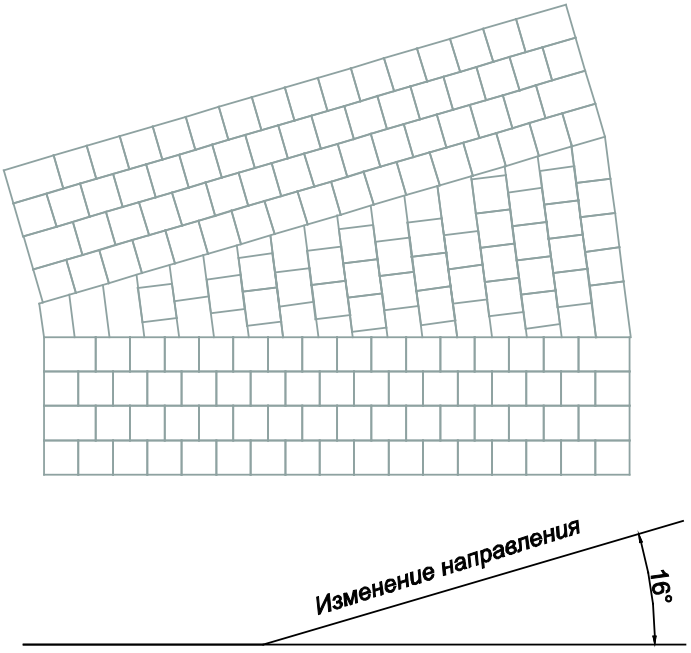
Вдоль круговой кривой



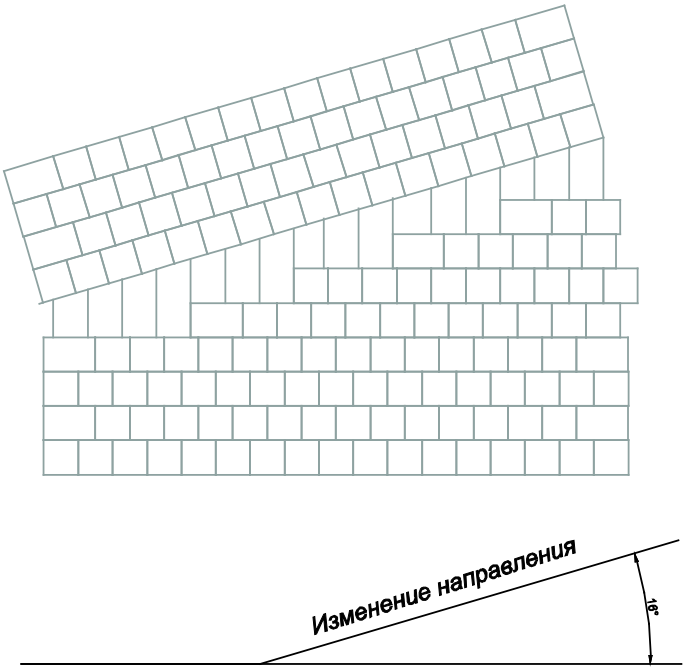
Лучевой клин из камня для бетонной мостовой 100 /200 мм



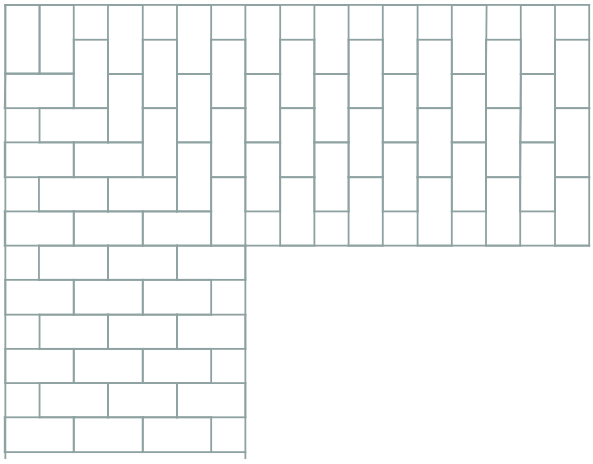
Лучевой клин из камня для бетонной мостовой 100/100 мм



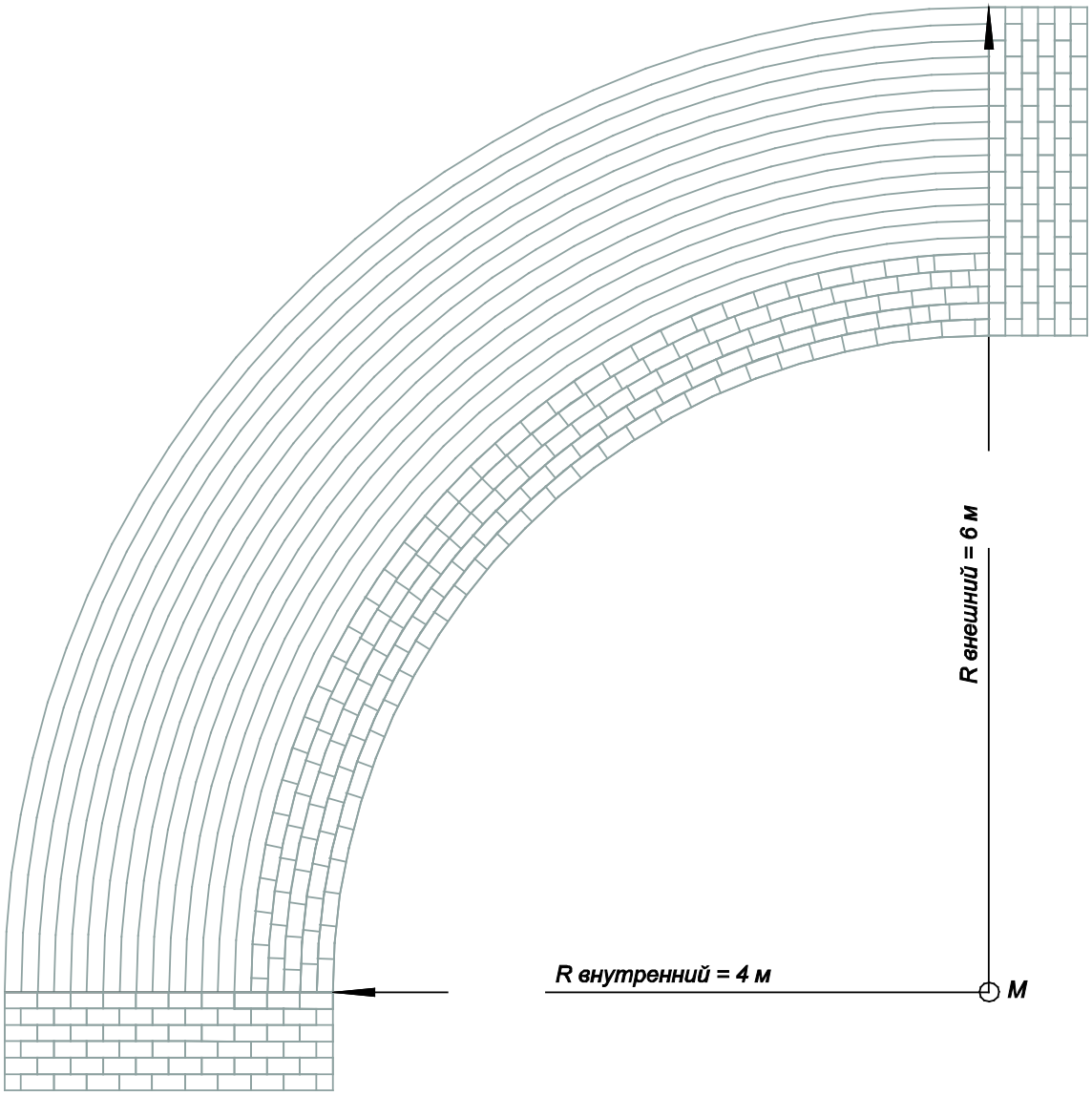
Изменение направления с помощью направленных рядов



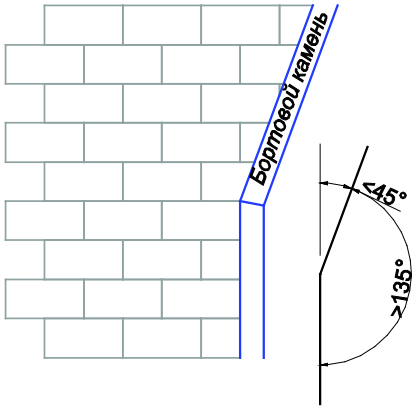
Прямоугольное изменение направления

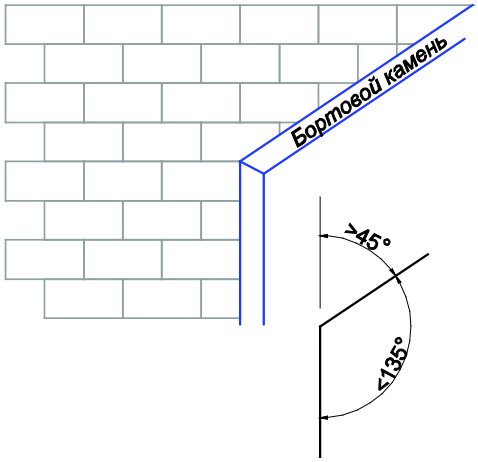


Мощение вдоль круговой кривой из бетонного камня 100 / 200 мм

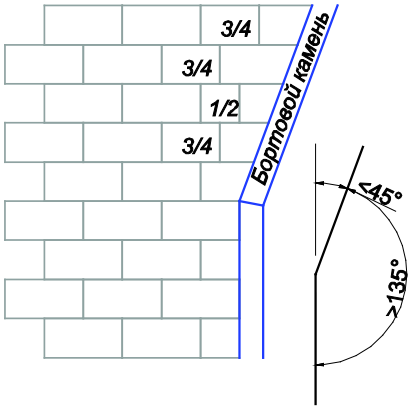


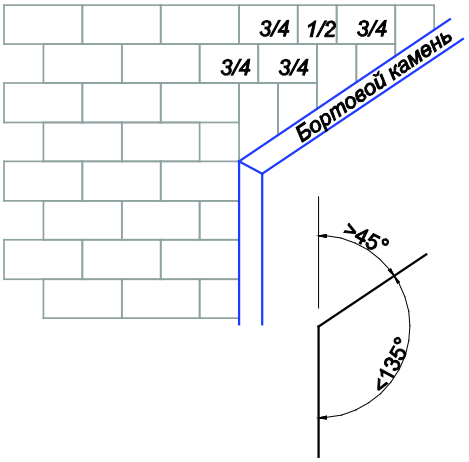
Расширение покрытия с использованием маленьких обрезков камней - не рекомендуется



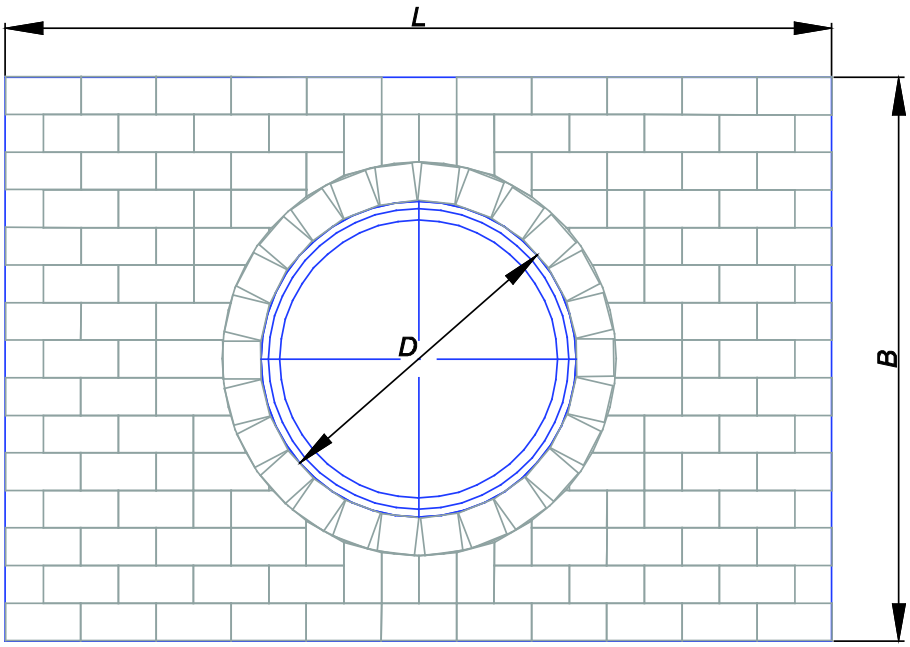


Расширение покрытия с применением камней величиной от 40 до 50 % от целого камня - рекомендуется

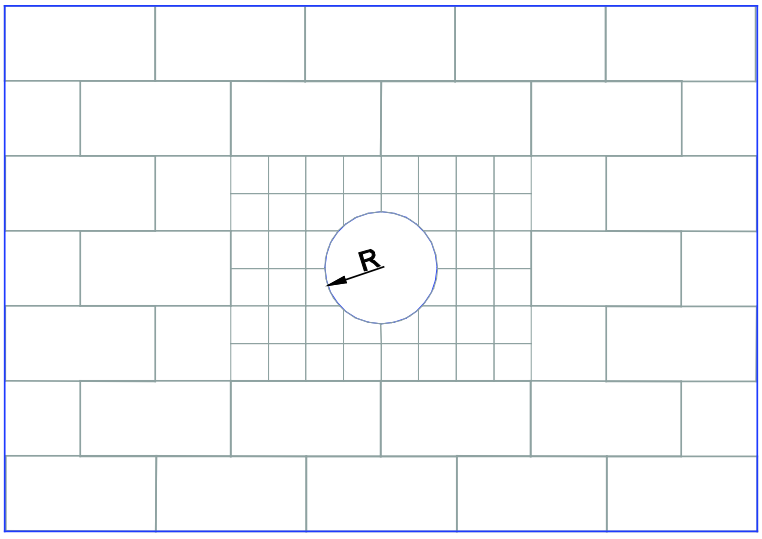




В9.2 Примыкание мощения к люку с устройством обрамления



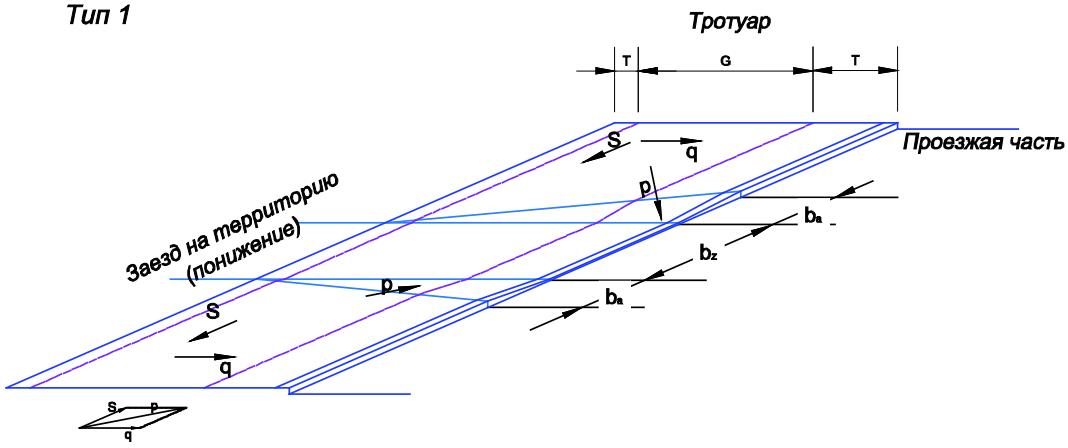
В9.3 Примыкание мощения к столбу (опоре) с применением мелкоштучных каменей



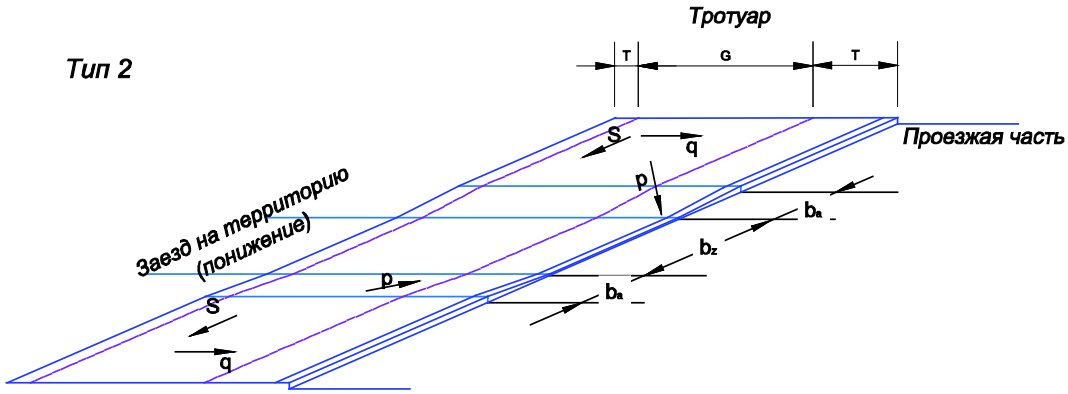
В10. Понижения

В10.1 Виды понижений

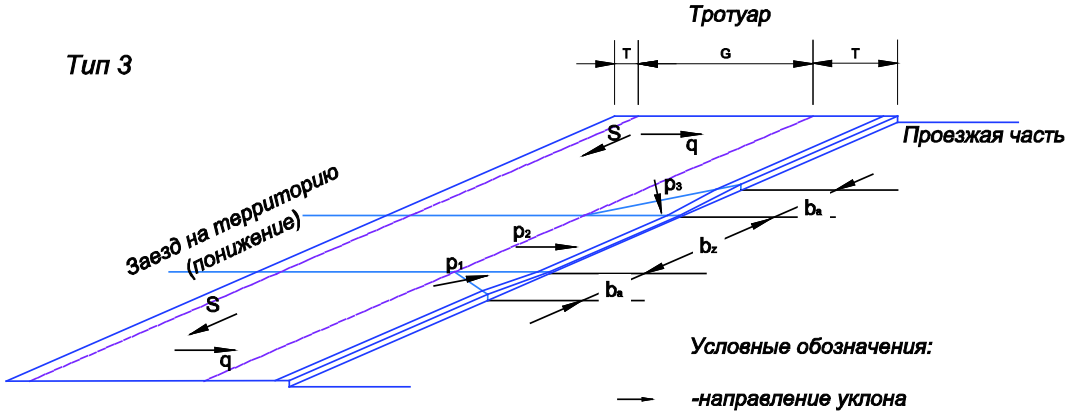
Тип 1



Тип 2



Тип 3

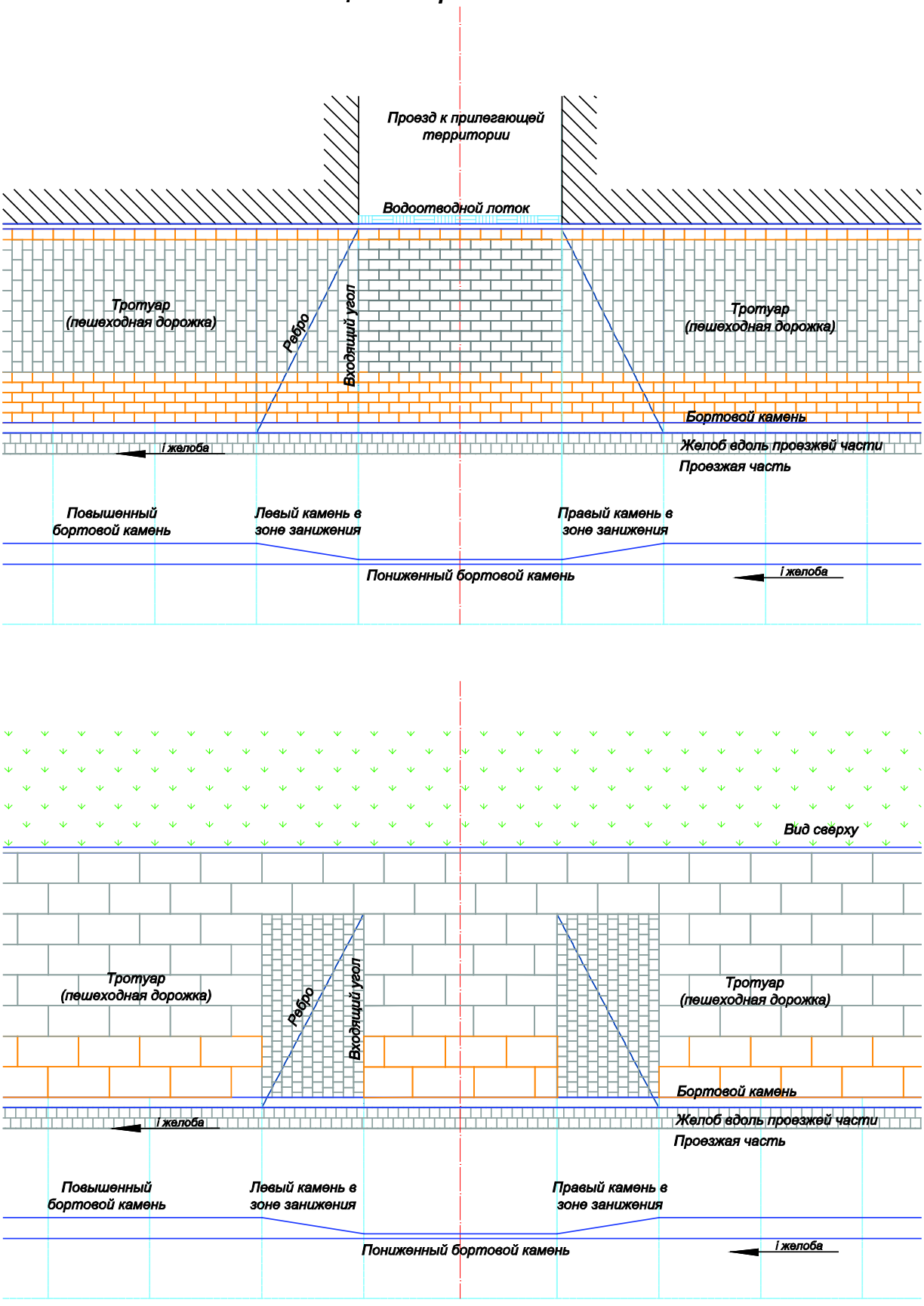


Условные обозначения:

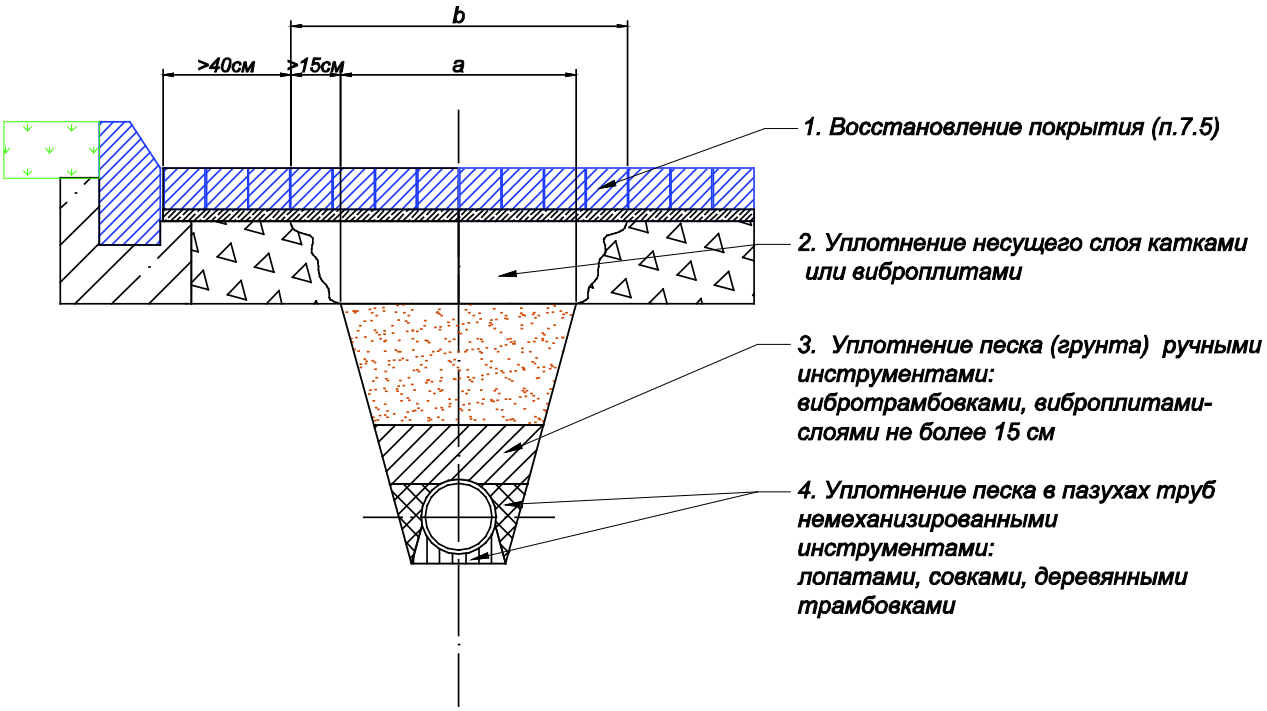
-направление уклона
-бортовой камень
G - тротуар
T - защитная полоса (тактильная полоса)
ba - ширина выравнивания
bz - ширина подъездного пути (понижения)
S - продольный уклон, ‰
q - поперечный уклон, ‰ (q max=20‰ - для МГН)
*p - результирующий уклон,‰ (p max=50‰ - для МГН)**

* *В соответствии с п.5.1.8 СП 59.13330.2016 в стеснённых условиях допускается устраивать съезд с уклоном не более 1:10 (100‰) на протяжении не более 1 м*

В10.2 Мощение в районе понижения



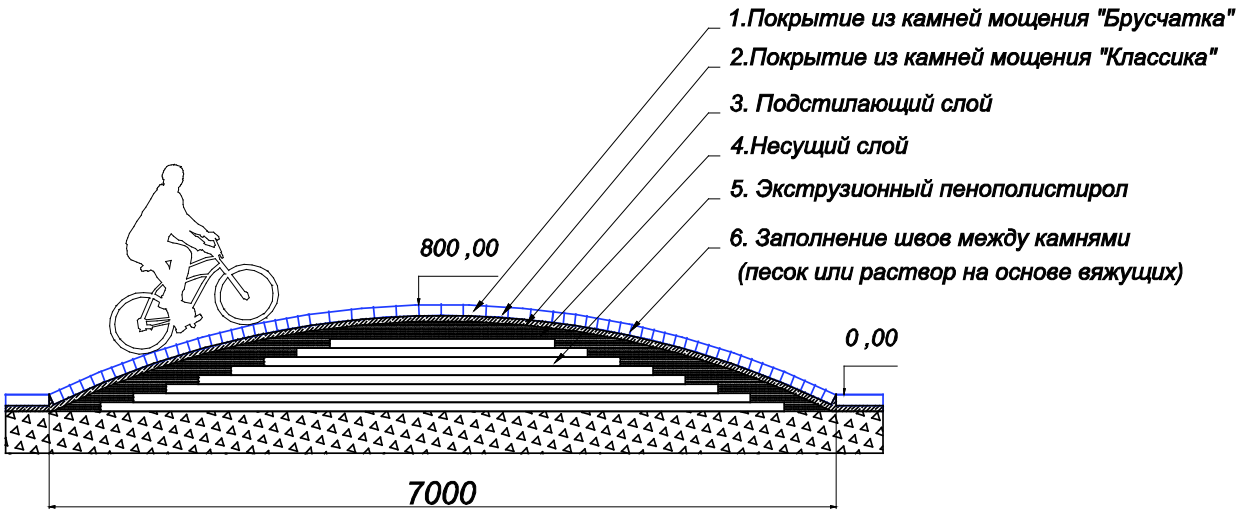
В11. Восстановление мощения после вскрытий

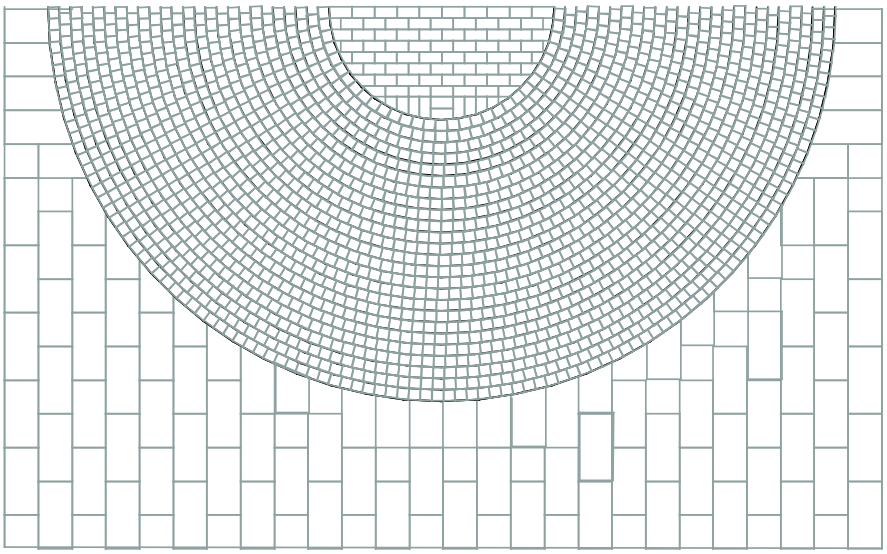


a - ширина траншеи

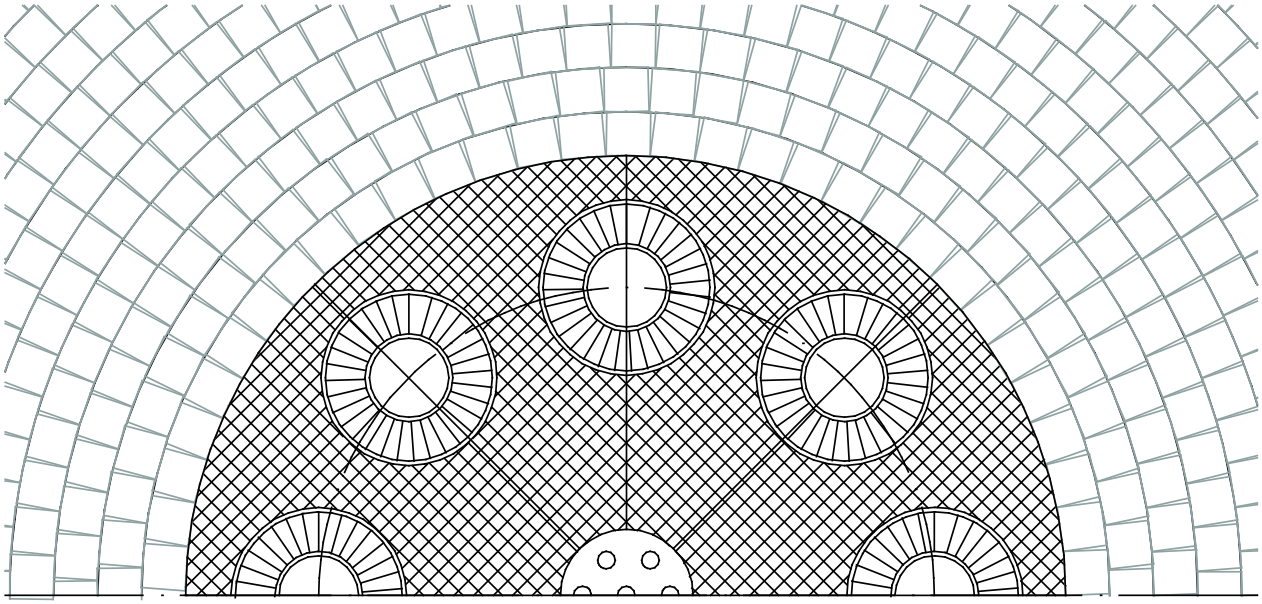
b - восстановленный участок покрытия из камней/ плит мощения

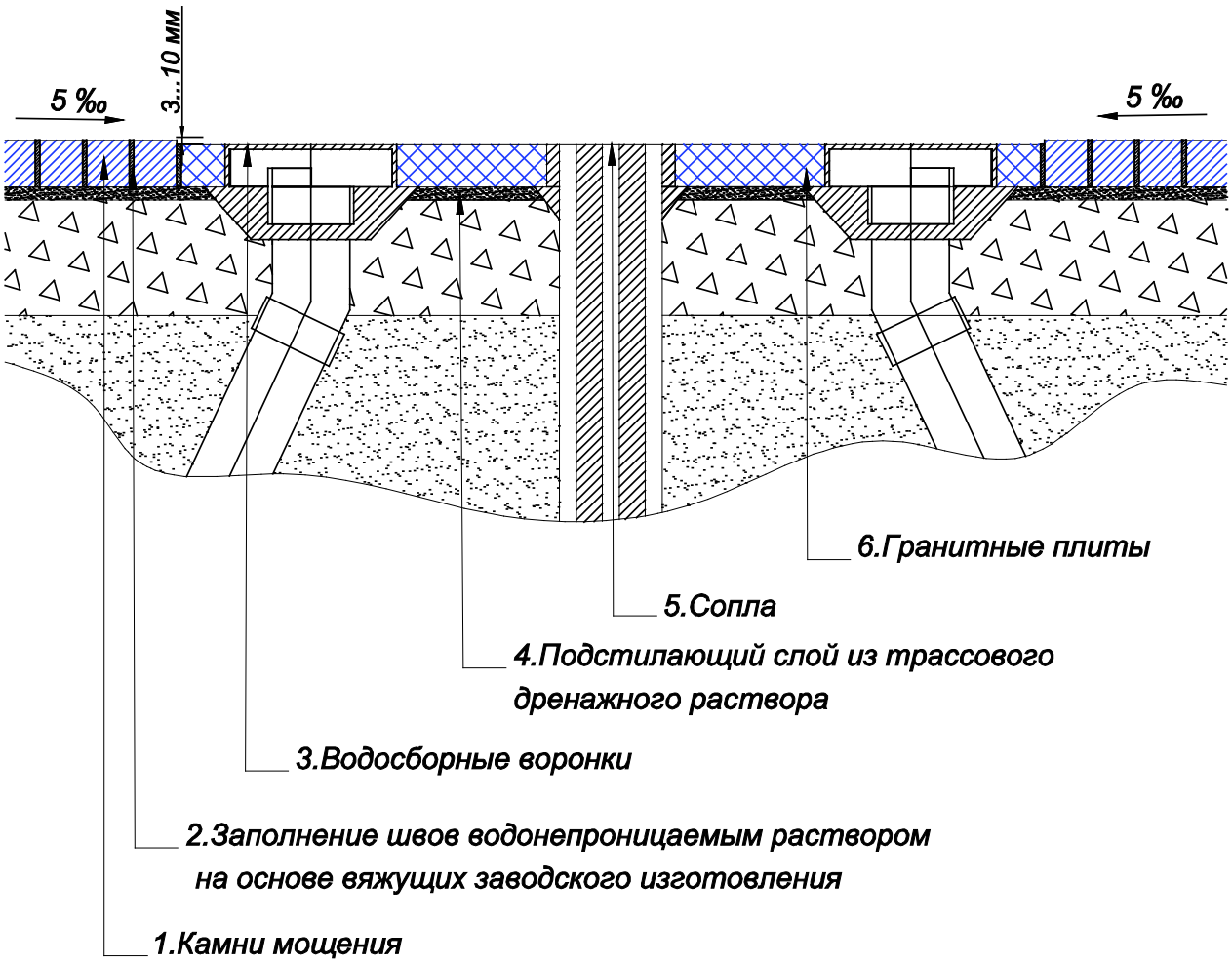
В12. Геопластика средствами мощения



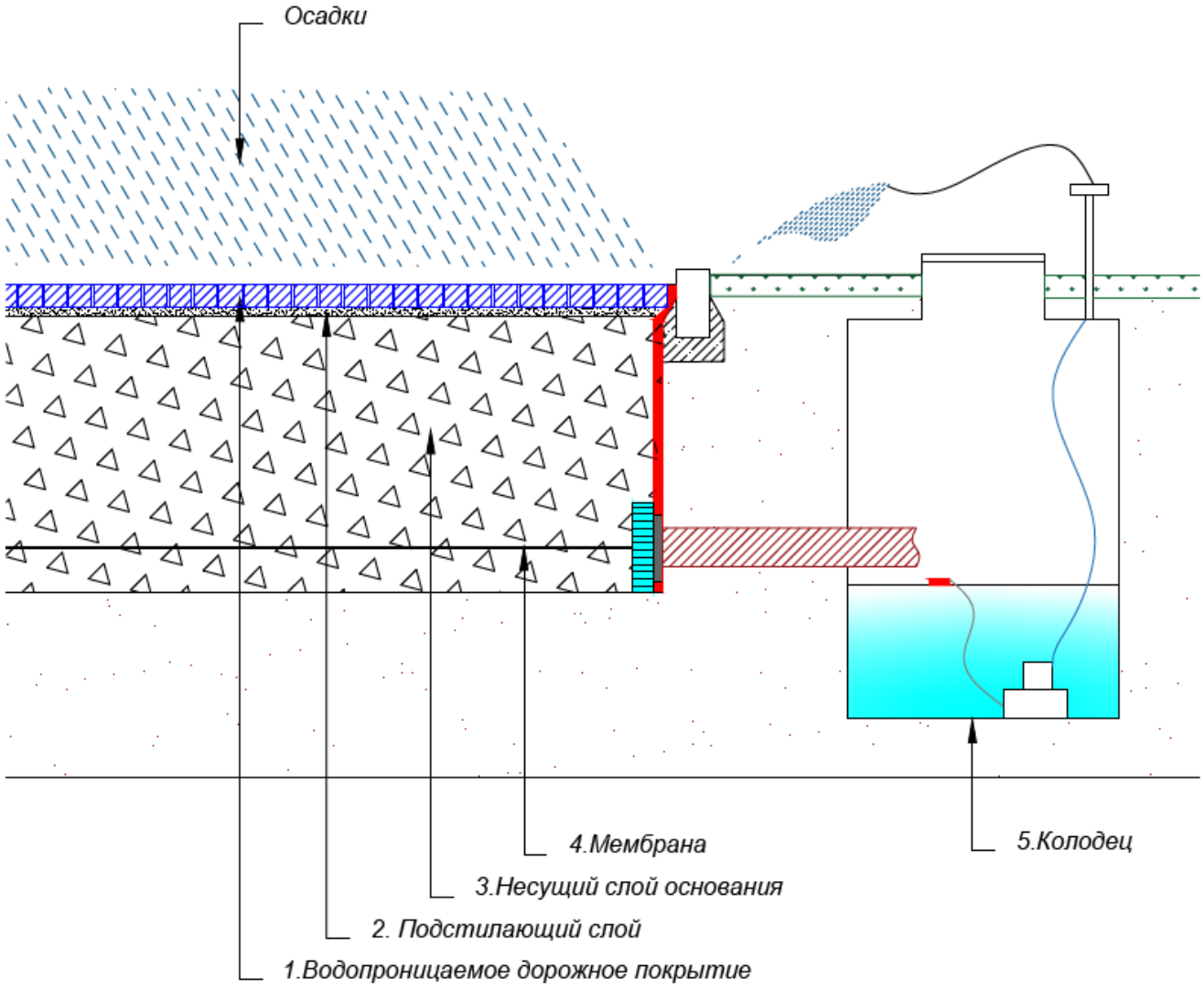


В13. Фонтаны на поверхности мощения





В14. Принципиальная схема применения дренирующего мощения для сбора дождевой воды



Приложение Г
(справочное)
Методы расчета дорожных одежд с покрытием из камней/плит мощения. Примеры расчета

Г1. Методы расчета жестких дорожных одежд

Метод расчета №1 применим для конструкций дорожных одежд (рис. Г1.1) с покрытиями из плит мощения конечной жесткости с основаниями не способными воспринимать растягивающие напряжения при изгибе.

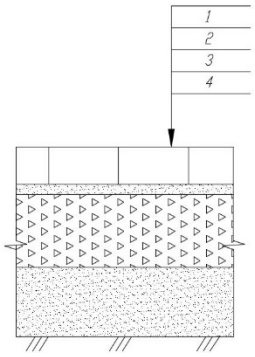


Рис. Г1.1. Принципиальная схема дорожной одежды:

1 - покрытие из плит мощения конечной жесткости; 2 – подстилающий слой (песок, 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; 4 - дополнительный слой (песок, гравийно-песчаные смеси, щебень однофракционный (открытая смесь), гравий, укрепленный грунт, легкие бетоны).

Критерии прочностного расчета:

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

Расчет производится по методикам, изложенным в [5,18].

Условие прочности плит покрытия конечной жесткости проверяют по неравенству:

$$K_{np} \cdot \sigma_{pt} \le R_{pu}^{расч} \ , \ (1)$$

где K_{np} - коэффициент прочности, K_{np}=1,0;

$R_{pu}^{расч}$ - расчетная прочность плит мощения на растяжение при изгибе, МПа.

$$R_{pu}^{расч} = B_{tb} \cdot K_{нп}, \ (2)$$

где B_{tb} - класс бетона по прочности на растяжение при изгибе, МПа (табл. 9, п.5.4.4);

$K_{нп}$ - коэффициент набора прочности бетона со временем, $K_{нп}$ = 1,2;

σ_{pt} -расчетное напряжение растяжения при изгибе, возникающее в плите покрытия от действия нагрузки и изменений температуры по толщине плиты, МПа.

$$\sigma_{pt} = \frac{6 \cdot Q_н \cdot K_{усл} \cdot (M_A + 0{,}255)}{к h_{пл}^2} \ , \ (3)$$

где $Q_н$- нормативная нагрузка на колесо, кН;

$K_{усл}$ -коэффициент, учитывающий условия работы, $K_{усл}$ = 0,80;

M_A - безразмерный единичный момент, определяемый по таблице Г1.1 в зависимости от показателя жесткости плиты;

$h_{пл}$- толщина плиты, м;

$к$- коэффициент, учитывающий конфигурацию плит: $к$ = 1- для круглых и квадратных;

$к = \frac{\pi}{n_c \cdot \mathrm{tg}\frac{\pi}{n_c}}$ - для плит с числом сторон более четырех; $к = \frac{2}{c + \frac{1}{c}}$ - для прямоугольных плит;

n_c- число сторон правильного многоугольника;

c- отношение сторон (большей к меньшей) прямоугольника.

Таблица Г.1.1

S	до 0,5 включ.	0,75	1	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5
M_A	-0,0521	-0,0544	-0,0567	-0,0611	-0,0632	-0,0653	-0,0693	-0,0731	-0,0767

S	4	4,5	5	6	7	8	9	10
M_A	-0,0801	-0,0833	-0,0863	-0,0917	-0,0963	-0,1001	-0,1031	-0,1053

Минимально допустимая толщина плит независимо от результатов расчета не должна быть меньше указанной в таблице 4 (раздел 5.2.1.5).

Метод расчета №2 применим для конструкций дорожных одежд (рис. Г1.2) с покрытиями из камней мощения и плит (с конечной жесткостью или “абсолютно жестких плит”) с монолитными основаниями способными воспринимать растягивающие напряжения при изгибе.

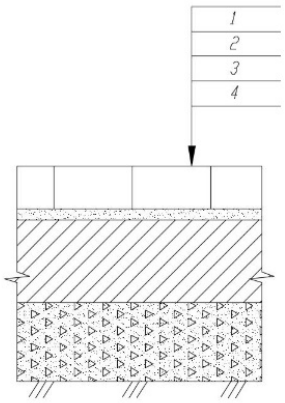


Рис. Г1.2. Принципиальная схема дорожной одежды:

1 - покрытие (камни/плиты); 2 - подстилающий слой (песок, отсевы дробления горных пород); 3- несущее монолитное основание (цементобетон, легкий бетон, тощий бетон, дренажные бетоны с прочностью на растяжение при изгибе не менее 0,8 МПа,); 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, грунт, обработанный вяжущими, песок, гравий.

Критерии прочностного расчета:

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

Расчет производится по методикам, изложенным в [6,11].

Давление на поверхности несущего основания определяется с учетом распределительной способности покрытия (см. п. 5.4.2).

Покрытие из камней/плит мощения может моделироваться сплошным слоем (см.п.5.4.3).

Г2. Методы расчета нежестких дорожных одежд

Метод расчета №1 применим для конструкций дорожных одежд (рис. Г2.1) с покрытиями из камней мощения или «абсолютно жестких» плит с основаниями не способными воспринимать растягивающие напряжения при изгибе.

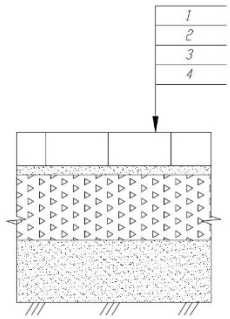


Рис. Г2.1 Принципиальная схема дорожной одежды:

1 - покрытие (камни мощения, «абсолютно жесткие» плиты); 2 - подстилающий слой (песок, 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, грунт, обработанный вяжущими; 4- дополнительный слой (песок, гравийно-песчаные смеси, щебень однофракционный (открытая смесь), гравий).

При расчете дорожной одежды с покрытием из камней мощения или «абсолютно жестких» плит расчет покрытия на прочность не производится.

Критерии прочностного расчета:

- сопротивление сдвигу слабосвязных слоев основания и подстилающего грунта.

Расчет производится по методикам, изложенным в [6,11].

Давление на поверхности несущего основания определяется с учетом распределительной способности покрытия (см. п. 5.4.2).

Покрытие из камней/плит мощения может моделироваться сплошным слоем (см.п.5.4.3).

Метод расчета №2 применим для конструкций дорожных одежд (рис. Г2.2) с покрытиями из камней мощения или “абсолютно жестких” плит с несущими основаниями способными воспринимать растягивающие напряжения при изгибе.

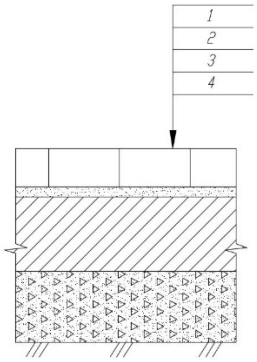


Рис. Г2.2. Принципиальная схема дорожной одежды:

1 - покрытие (камни мощения, плиты); 2 - подстилающий слой (песок, 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, грунт, обработанный вяжущими, песок, гравий.

При расчете дорожной одежды с покрытием из камней мощения и плит расчет покрытия на прочность не производится.

Критерии прочностного расчета:

- сопротивление монолитных слоев основания (асфальтобетона, асфальтогрунулобетона) растяжению при изгибе;
- сопротивление сдвигу слабосвязных слоев основания и подстилающего грунта.

Расчет производится по методикам, изложенным в [6,11].

Давление на поверхности несущего основания определяется с учетом распределительной способности покрытия (см. п. 5.4.2).

Покрытие из камней/плит мощения может моделироваться сплошным слоем (см.п.5.4.3).

Г3. Примеры расчета дорожных одежд с покрытием из камней/плит мощения в программе “IndorPavementExpert 9”

Г3.1 Примеррасчета дорожной одежды с покрытием из камней мощения размерами в плане 100х200 мм и толщиной 80 мм

Расчёт конструкции дорожной одежды

Исходные данные

Название объекта: Проезды
Выполняемые расчёты: На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, стат. нагрузку, морозоустойчивость
Дорожно-климатическая зона: II - подзона 1
Схема увлажнения: Схема 1

Расчётная влажность грунта
Среднее многолетнее значение относительной влажности грунта $W_{\text{таб}} = 0,65$
Коэффициент нормированного отклонения $t = 1,32$ [1, табл. П.4.2]
Тип местности по рельефу: Равнинный
Поправка на особенности рельефа территории $\Delta_1 W = 0$ [1, табл. П.2.2]
Поправка на конструктивные особенности проезжей части и обочин $\Delta_2 W = 0$ [1, табл. П.2.3]
Поправка на влияние суммарной толщины стабильных слоёв дорожной одежды $\Delta_3 = 0$ [1, номогр. П.2.1]
$W_{\text{р}} = (W_{\text{таб}} + \Delta_1 W - \Delta_2 W) \times (1 + 0,1 \times t) - \Delta_3 = (0,65 + 0 - 0) \times (1 + 0,1 \times 1,32) - 0 = 0,74$ [1, формула П.2.1]

Коэффициент уплотнения грунта: 1,00
Глубина промерзания грунтов, м: 1,93
Средняя многолетняя глубина промерзания, м: 1,40

Проектные данные

Техническая категория дороги: IV категория
Тип дорожной одежды: Капитальный

Требуемые коэффициенты прочности при заданной надёжности $K_{\text{н}} = 0,9$ [1, табл. 3.1]:
Требуемый $K_{\text{пр}}$ (упругий прогиб): 1,1
Требуемый $K_{\text{пр}}$ (сдвиг, изгиб): 0,94
Коэффициент нормированного отклонения $t = 1,32$

Расчётный срок службы $T_{\text{сл}}$, лет: 10
Ширина проезжей части, м: 7,5

Расчётная нагрузка

Давление в шине p, МПа: 0,60
Диаметр отпечатка шины $D_{\text{дин.}}$, см: 26,00
Статическая нагрузка на ось Q, кН: 50,00

Суммарное число приложений нагрузки

$\sum N_{\text{р}} = 15700$ ед.
Требуемый модуль упругости

$$E_{\text{тр}} = 98,65 \times (\lg \sum N_{\text{р}} - c) = 98,65 \times (\lg 15700 - 3,55) \approx 63,72 \text{ МПа}$$

1) Конструктивный слой №1: 8,0 см
Камень мощения, E = 1620,0 МПа

2) Конструктивный слой № 2: 5,0 см
Подстилающий слой из песка крупного, E = 120,0 МПа

3) Конструктивный слой № 3: 23,0 см
Щебень фракционированный 20..40 мм легкоуплотняемый с заклинкой фракционированным мелким щебнем фр.5..10, E = 270,0 МПа

4) Конструктивный слой № 4: 20,0 см
Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%
$E = 120,0$ МПа, $\phi = 29,87^{o}$, $\phi_{\text{стат.}} = 32,00^{o}$, $c = 0,00300$ МПа

Геотекстиль (прочность на статическое продавливание не менее 1кН)
Грунт земляного полотна
Грунт насыпной, уплотнённый
$E = 45,6$ МПа, $\phi = 25,94^{o}$, $\phi_{\text{стат.}} = 31,00^{o}$, $c = 0,00400$ МПа

Расчёт на упругий прогиб

Расчёт по допускаемому упругому прогибу ведём послойно, начиная с грунта.
[1, номогр. 3.1]

$$\frac{E_{\text{н}}}{E_{\text{в}}} = \frac{E_{\text{г}}}{E_4} = \frac{45,6}{120} = 0,38; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{h_4}{D} = \frac{20}{26} = 0,77; \quad \frac{E_{\text{пов}}}{E_{\text{в}}} = \frac{E^3{}_{\text{пов}}}{E_4} \approx 0,6312$$

$$E^3{}_{\text{пов}} = 0,6312 \times 120 = 75,74 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 3.1]

$$\frac{E_{\text{н}}}{E_{\text{в}}} = \frac{E_4}{E_3} = \frac{75,74}{270} = 0,28; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{h_3}{D} = \frac{23}{26} = 0,88; \quad \frac{E_{\text{пов}}}{E_{\text{в}}} = \frac{E^2{}_{\text{пов}}}{E_3} \approx 0,5658$$

$$E^2{}_{\text{пов}} = 0,5658 \times 270 = 152,77 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 3.1]

$$\frac{E_{\text{н}}}{E_{\text{в}}} = \frac{E_3}{E_2} = \frac{152,77}{120} = 1,27; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{h_2}{D} = \frac{5}{26} = 0,19; \quad \frac{E_{\text{пов}}}{E_{\text{в}}} = \frac{E^1{}_{\text{пов}}}{E_2} \approx 0,9$$

$$E^1{}_{\text{пов}} = 0,9 \times 120 = 108 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 3.1]

$$\frac{E_{\text{н}}}{E_{\text{в}}} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{108}{1620} = 0,07; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{h_1}{D} = \frac{8}{26} = 0,31; \quad \frac{E_{\text{пов}}}{E_{\text{в}}} = \frac{E^0{}_{\text{пов}}}{E_1} \approx 0,1193$$

$$E^0{}_{\text{пов}} = 0,1193 \times 1620 = 193,27 \text{ МПа}$$

Расчёт понижающего коэффициента согласно ОДМ 218.5-003-2010
Общий модуль упругости на поверхности грунтовых слоёв $E_0 = 45,6$ МПа

$$E_{\text{ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^{4} E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^{4} h_i} = \frac{1620 \times 8 + 120 \times 5 + 270 \times 23 + 120 \times 20}{8 + 5 + 23 + 20} = 395,89 \text{ МПа}$$

$$\frac{E_{\text{ср.}}}{E_0} = \frac{395,9}{45,6} = 8,68 \quad \frac{h}{d} = \frac{20}{26} = 0,77$$

$$\alpha = 0,97$$

$$E_{\text{пов}} = E^{0}{}_{\text{пов}} \times \alpha^{-1} = 193,27 \times 0,97^{-1} = 199,24$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{E_{\text{пов}}}{E_{\text{тр}}} = \frac{199,24}{63,72} = 3,13; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{3,13 - 1,1}{1,1} \times 100\% = 184,55\%$$

Расчёт на сдвигоустойчивость

Конструктивный слой № 4
Материал: Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%
$E = 120,0$ МПа, $\phi = 29,87^{\text{o}}$, $\phi_{\text{стат.}} = 32,00^{\text{o}}$, $c = 0,00300$ МПа
Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 3.12]:

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{3} E_i \times h_i}{\sum\limits_{i=1}^{3} h_i} = \frac{1620 \times 8 + 120 \times 5 + 270 \times 23}{8 + 5 + 23} = 549,2 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 3.2, 3.3]:

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{549,2}{75,7} = 7,25; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{36}{26} = 1,38; \quad \tau_{\text{н}} \approx 0,0199 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_{\text{н}} \times p = 0,0199 \times 0,6 = 0,0119 \text{ МПа}$$

Коэффициент $k_{\text{d}} = 3$
Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 8 + 5 + 23 = 36\text{см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{1500 \times 8 + 1500 \times 5 + 1600 \times 23}{8 + 5 + 23} = 1564 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,0016 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_{\text{d}} \times c_{\text{п}} + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times tg\phi_{\text{стат.}} = 3 \times 0,003 + 0,1 \times 0,0016 \times 36 \times tg32^{\text{o}} \approx 0,0125 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,0125}{0,0119} = 1,05; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{1,05 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 11,7\%$$

Грунт земляного полотна
Материал: Грунт насыпной, уплотнённый
$E = 45,6$ МПа, $\phi = 25,94^{\text{o}}$, $\phi_{\text{стат.}} = 31,00^{\text{o}}$, $c = 0,00400$ МПа
Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 3.12]:

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{4} E_i \times h_i}{\sum\limits_{i=1}^{4} h_i} = \frac{1620 \times 8 + 120 \times 5 + 270 \times 23 + 120 \times 20}{8 + 5 + 23 + 20} = 395,9 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 3.2, 3.3]:

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{395,9}{45,6} = 8,68; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{56}{26} = 2,15; \quad \tau_{\text{н}} \approx 0,0093 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_{\text{н}} \times p = 0,0093 \times 0,6 = 0,0056 \text{ МПа}$$

Коэффициент $k_{\text{д}} = 3$
Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 8 + 5 + 23 + 20 = 56\text{см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{1500 \times 8 + 1500 \times 5 + 1600 \times 23 + 1950 \times 20}{8 + 5 + 23 + 20} = 1702 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,0017 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_{\text{д}} \times c_{\text{п}} + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times tg\phi_{\text{стат.}} = 3 \times 0,004 + 0,1 \times 0,0017 \times 56 \times tg31^{\text{o}} \approx 0,0177 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,0177}{0,0056} = 3,19; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{3,19 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 239,4\%$$

Расчёт на статическую нагрузку

Конструктивный слой № 4
Материал: Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%
$E = 120,0$ МПа, $\phi = 29,87^{\text{o}}$, $\phi_{\text{стат.}} = 32,00^{\text{o}}$, $c = 0,00300$ МПа
Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 3.12]:

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{3} E_i \times h_i}{\sum\limits_{i=1}^{3} h_i} = \frac{1620 \times 8 + 120 \times 5 + 270 \times 23}{8 + 5 + 23} = 549,2 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 3.2, 3.3]:

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{549,2}{75,7} = 7,25; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{36}{23} = 1,57; \quad \tau_{\text{н}} \approx 0,0137 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_{\text{н}} \times p = 0,0137 \times 0,6 = 0,0082 \text{ МПа}$$

Коэффициент $k_{\text{д}} = 3$
Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 8 + 5 + 23 = 36\text{см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{1500 \times 8 + 1500 \times 5 + 1600 \times 23}{8 + 5 + 23} = 1564 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,0016 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_{\text{д}} \times c_{\text{п}} + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times tg\phi_{\text{стат.}} = 3 \times 0,004 + 0,1 \times 0,0016 \times 36 \times tg32^{\text{o}} \approx 0,0155 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,0155}{0,0082} = 1,89; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{1,89 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 101,1\%$$

Грунт земляного полотна
Материал: Грунт насыпной, уплотнённый
$E = 45,6$ МПа, $\phi = 25,94^{\text{o}}$, $\phi_{\text{стат.}} = 31,00^{\text{o}}$, $c = 0,00400$ МПа

Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 3.12]:

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{4} E_i \times h_i}{\sum\limits_{i=1}^{4} h_i} = \frac{1620 \times 8 + 120 \times 5 + 270 \times 23 + 120 \times 20}{8 + 5 + 23 + 20} = 395,9 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 3.2, 3.3]:

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{395,9}{45,6} = 8,68; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{56}{23} = 2,43; \quad \tau_{\text{н}} \approx 0,0067 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_{\text{н}} \times p = 0,0067 \times 0,6 = 0,004 \text{ МПа}$$

Коэффициент $k_{\text{d}} = 3$

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 8 + 5 + 23 + 20 = 56\text{см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{1500 \times 8 + 1500 \times 5 + 1600 \times 23 + 1950 \times 20}{8 + 5 + 23 + 20} = 1702 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,0017 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_{\text{d}} \times c_{\text{п}} + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times tg\phi_{\text{стат.}} = 3 \times 0,005 + 0,1 \times 0,0017 \times 56 \times tg31^{\text{o}} \approx 0,0207 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,0207}{0,004} = 5,16; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{5,16 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 448,9\%$$

Расчёт на изгиб

Расчёт не может быть произведён, так как в конструкции верхний слой не является монолитным.

Результаты расчёта на морозоустойчивость

Материал грунта: Грунт насыпной, уплотнённый

Группа грунта по степени пучинистости 2

Высота насыпи 2 м, уровень грунтовых вод 2 м, толщина конструкции 0,56 м

Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды) $H_y = 2 \text{ м} + 2 \text{ м} - 0,56 \text{ м} = 3,44 \text{ м}$

Величина морозного пучения при усреднённых условиях и глубине промерзания 1,93 м [1, номогр. 4.3]

$l_{\text{пуч.ср.2}} = 3,96$ см

Коэффициент, учитывающий влияние расчётной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод [1, номогр. 4.1]

$K_{\text{угв}} = 0,4428$

Коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя [1, табл. 4.4]

$K_{\text{пл}} = 1$

Коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта [1, табл. 4.5]

$K_{\text{гр}} = 1$

Коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое [1, номогр. 4.2]

$K_{\text{нагр}} = 0,86$

Коэффициент, зависящий от расчётной влажности грунта [1, табл. 4.6]

$K_{\text{вл}} = 1,14$

Величина возможного морозного пучения [1, формула 4.2]

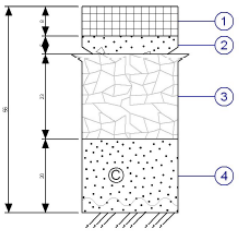
$$l_{\text{пуч}} = l_{\text{пуч.ср.}} \times K_{\text{угв}} \times K_{\text{пл}} \times K_{\text{гр}} \times K_{\text{нагр}} \times K_{\text{вл}} = 3,96 \times 0,4428 \times 1 \times 1 \times 0,86 \times 1,14 = 1,72 \text{ см}$$

$$l_{\text{доп.}} = 4 \text{ см} \ [1, \text{табл. } 4.3]$$

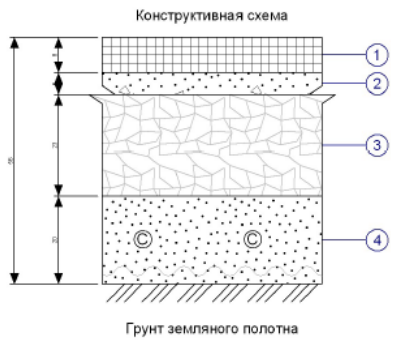
Ожидаемая пучинистость грунта 1,72 см < 80% от допустимой 4,00 см
Морозоустойчивость конструкции обеспечена.

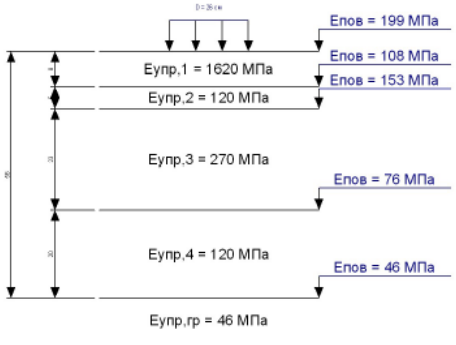
Исходные данные

Название объекта	Проезды		
Район проектирования			
Выполняемые расчёты	На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, стат. нагрузку, морозоустойчивость		
Техническая категория дороги	IV категория	Дорожно-климатическая зона	II - подзона 1
Тип дорожной одежды	Капитальный	Схема увлажнения	Схема 1
Число полос движения (в обе стороны)	2	Коэффициент уплотнения грунта	1,00
Номер расчётной полосы от обочины	1	Суммарное число приложений нагрузки	15700
Уклоны в местах перелома профиля, ‰	—	Расчётное количество дней в году Трдг	140
Расчётная влажность грунта Wp	0,74	Расчётный срок службы Тсл, лет	10
Нагрузка, кН / Давление, МПа / D штампа, см	50 / 0,60 / 26		
Заданная надёжность Кн	0,90	Глубина промерзания грунтов, м	1,93

№ варианта	Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см	Расчётные характеристики: Упругий прогиб, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа	Статическая нагрузка, МПа	Общий модуль упругости на поверхности слоёв, МПа	Морозоустойчивость
Проезды (8см)	1. Конструктивный слой №1 — Камнь мощения		Eупр = 1620	Eсдв = 1620	Eизг = 1620	Eстат = 1620	Eпов = 199 Ктр = 1,100 Красч = 3,130 Запас = 185%	
	2. Конструктивный слой № 2 — Подстилающий слой из песка крупного		Eупр = 120	Eсдв = 120	Eизг = 120	Eстат = 120	Eпов = 108	
	3. Конструктивный слой № 3 — Щебень фракционированный 20..40 мм легкоуплотняемый с заклинкой фракционированным мелким щебнем фр.5..10		Eупр = 270	Eсдв = 270	Eизг = 270	Eстат = 270	Eпов = 153	
	4. Конструктивный слой № 4 — Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 0% — Геотекстиль (прочность на статическое продавливание не менее 1кН)		Eупр = 120	Eсдв = 120 Ктр = 0,940 Красч = 1,050 Запас = 12%	Eизг = 120 α = 0,970	Eстат = 120 Ктр = 0,940 Красч = 1,890 Запас = 101%	Eпов = 76	
	Грунт земляного полотна — Грунт насыпной, уплотнённый		Eупр = 46	Eсдв = 46 Ктр = 0,940 Красч = 3,190 Запас = 239%		Eстат = 46 Ктр = 0,940 Красч = 5,160 Запас = 449%	Eпов = 46	Lдоп = 4 см Lпуч = 2 см Запас = 2 см

Расчётная схема





1. Камнь мощения
2. Подстилающий слой из песка крупного
3. Щебень фракционированный 20..40 мм легкоуплотняемый с заклинкой фракционированным мелким щебнем фр.5..10
4. Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%
   Геотекстиль (прочность на статическое продавливание не менее 1кН)

Г3.2 Пример расчета дорожной одежды с покрытием из плит мощения размерами в плане 600х300 мм и толщиной 80 мм

Расчёт конструкции дорожной одежды

Исходные данные

Название объекта: Проезды
Выполняемые расчёты: На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, стат. нагрузку, морозоустойчивость
Дорожно-климатическая зона: II - подзона 1
Схема увлажнения: Схема 1

Расчётная влажность грунта
Среднее многолетнее значение относительной влажности грунта $W_{таб} = 0,65$
Коэффициент нормированного отклонения $t = 1,32$ [1, табл. П.4.2]
Тип местности по рельефу: Равнинный
Поправка на особенности рельефа территории $\Delta_1 W = 0$ [1, табл. П.2.2]
Поправка на конструктивные особенности проезжей части и обочин $\Delta_2 W = 0$ [1, табл. П.2.3]
Поправка на влияние суммарной толщины стабильных слоёв дорожной одежды $\Delta_3 = 0$ [1, номогр. П.2.1]
$W_р = (W_{таб} + \Delta_1 W - \Delta_2 W) \times (1 + 0,1 \times t) - \Delta_3 = (0,65 + 0 - 0) \times (1 + 0,1 \times 1,32) - 0 = 0,74$ [1, формула П.2.1]

Коэффициент уплотнения грунта: 1,00
Глубина промерзания грунтов, м: 1,93
Средняя многолетняя глубина промерзания, м: 1,40

Проектные данные

Техническая категория дороги: IV категория
Тип дорожной одежды: Капитальный

Требуемые коэффициенты прочности при заданной надёжности $K_н = 0,9$ [1, табл. 3.1]:
Требуемый $K_{пр}$ (упругий прогиб): 1,1
Требуемый $K_{пр}$ (сдвиг, изгиб): 0,94
Коэффициент нормированного отклонения $t = 1,32$

Расчётный срок службы $T_{сл}$, лет: 10
Ширина проезжей части, м: 7,5

Расчётная нагрузка

Давление в шине p, МПа: 0,60
Диаметр отпечатка шины $D_{дин.}$, см: 26,00
Статическая нагрузка на ось Q, кН: 50,00

Суммарное число приложений нагрузки

$\sum N_р = 15700$ ед.
Требуемый модуль упругости

$$E_{тр} = 98,65 \times (\lg \sum N_р - c) = 98,65 \times (\lg 15700 - 3,55) \approx 63,72 \text{ МПа}$$

1) Конструктивный слой № 1: 8,0 см
Плиты 600х300 мм, E = 25000,0 МПа

2) Конструктивный слой № 2: 5,0 см
Подстилающий слой из песка крупного, E = 120,0 МПа

3) Конструктивный слой № 3: 23,0 см
Щебень фракционированный 20..40 мм легкоуплотняемый с заклинкой фракционированным мелким щебнем фр.5..10, E = 270,0 МПа

4) Конструктивный слой № 4: 20,0 см
Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%
$E = 120,0$ МПа, $\phi = 29,87^{\circ}$, $\phi_{\text{стат.}} = 32,00^{\circ}$, $c = 0,00300$ МПа

Геотекстиль (прочность на статическое продавливание не менее 1кН)

Грунт земляного полотна
Грунт насыпной, уплотнённый
$E = 45,6$ МПа, $\phi = 25,94^{\circ}$, $\phi_{\text{стат.}} = 31,00^{\circ}$, $c = 0,00400$ МПа

Расчёт на сдвигоустойчивость

Конструктивный слой № 4
Материал: Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%
$E = 120,0$ МПа, $\phi = 29,87^{\circ}$, $\phi_{\text{стат.}} = 32,00^{\circ}$, $c = 0,00300$ МПа
Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 3.12]:

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{3} E_i \times h_i}{\sum\limits_{i=1}^{3} h_i} = \frac{1150 \times 8 + 120 \times 5 + 270 \times 23}{8 + 5 + 23} = 444,7 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 3.2, 3.3]:

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{444,7}{72,5} = 6,13; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{36}{26} = 1,38; \quad \tau_{\text{н}} \approx 0,0222 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_{\text{н}} \times p = 0,0222 \times 0,6 = 0,0133 \text{ МПа}$$

Коэффициент $k_{\text{д}} = 3$
Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 8 + 5 + 23 = 36\text{см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2400 \times 8 + 1500 \times 5 + 1600 \times 23}{8 + 5 + 23} = 1764 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,0018 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_{\text{д}} \times c_{\text{п}} + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times tg\phi_{\text{стат.}} = 3 \times 0,003 + 0,1 \times 0,0018 \times 36 \times tg32^{\circ} \approx 0,013 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,013}{0,0133} = 0,98; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{0,98 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 4,3\%$$

Грунт земляного полотна
Материал: Грунт насыпной, уплотнённый
$E = 45,6$ МПа, $\phi = 25,94^{\circ}$, $\phi_{\text{стат.}} = 31,00^{\circ}$, $c = 0,00400$ МПа
Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 3.12]:

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{4} E_i \times h_i}{\sum\limits_{i=1}^{4} h_i} = \frac{1150 \times 8 + 120 \times 5 + 270 \times 23 + 120 \times 20}{8 + 5 + 23 + 20} = 328,8 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 3.2, 3.3]:

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{328,8}{45,6} = 7,21; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{56}{26} = 2,15; \quad \tau_{\text{н}} \approx 0,01 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_{\text{н}} \times p = 0,01 \times 0,6 = 0,006 \text{ МПа}$$

Коэффициент $k_{\text{d}} = 3$
Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 8 + 5 + 23 + 20 = 56\text{см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2400 \times 8 + 1500 \times 5 + 1600 \times 23 + 1950 \times 20}{8 + 5 + 23 + 20} = 1830 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,0018 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_{\text{d}} \times c_{\text{п}} + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times tg\phi_{\text{стат.}} = 3 \times 0,004 + 0,1 \times 0,0018 \times 56 \times tg31^{\text{o}} \approx 0,0182 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,0182}{0,006} = 3,03; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{3,03 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 222,3\%$$

Расчёт на статическую нагрузку

Конструктивный слой № 4
Материал: Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%
$E = 120,0$ МПа, $\phi = 29,87^{\text{o}}$, $\phi_{\text{стат.}} = 32,00^{\text{o}}$, $c = 0,00300$ МПа
Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 3.12]:

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{3} E_i \times h_i}{\sum\limits_{i=1}^{3} h_i} = \frac{1150 \times 8 + 120 \times 5 + 270 \times 23}{8 + 5 + 23} = 444,7 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 3.2, 3.3]:

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{444,7}{72,5} = 6,13; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{36}{23} = 1,57; \quad \tau_{\text{н}} \approx 0,0159 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_{\text{н}} \times p = 0,0159 \times 0,6 = 0,0095 \text{ МПа}$$

Коэффициент $k_{\text{d}} = 3$
Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 8 + 5 + 23 = 36\text{см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2400 \times 8 + 1500 \times 5 + 1600 \times 23}{8 + 5 + 23} = 1764 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,0018 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_{\text{d}} \times c_{\text{п}} + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times tg\phi_{\text{стат.}} = 3 \times 0,004 + 0,1 \times 0,0018 \times 36 \times tg32^{\text{o}} \approx 0,016 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,016}{0,0095} = 1,68; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{1,68 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 78,7\%$$

Грунт земляного полотна
Материал: Грунт насыпной, уплотнённый
$E = 45,6$ МПа, $\phi = 25,94^{\text{o}}$, $\phi_{\text{стат.}} = 31,00^{\text{o}}$, $c = 0,00400$ МПа
Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 3.12]:

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{4} E_i \times h_i}{\sum\limits_{i=1}^{4} h_i} = \frac{1150 \times 8 + 120 \times 5 + 270 \times 23 + 120 \times 20}{8 + 5 + 23 + 20} = 328,8 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 3.2, 3.3]:

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{328,8}{45,6} = 7,21; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{56}{23} = 2,43; \quad \tau_{\text{н}} \approx 0,0072 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_{\text{н}} \times p = 0,0072 \times 0,6 = 0,0043 \text{ МПа}$$

Коэффициент $k_{\text{d}} = 3$
Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 8 + 5 + 23 + 20 = 56\text{см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2400 \times 8 + 1500 \times 5 + 1600 \times 23 + 1950 \times 20}{8 + 5 + 23 + 20} = 1830 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,0018 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_{\text{d}} \times c_{\text{п}} + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times tg\phi_{\text{стат.}} = 3 \times 0,005 + 0,1 \times 0,0018 \times 56 \times tg31^{\text{o}} \approx 0,0212 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,0212}{0,0043} = 4,89; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{4,89 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 420,2\%$$

Расчёт на изгиб

Класс бетона на растяжение при изгибе $B_{\text{tb}} = 3,2$
Коэффициент набора прочности со временем $K_{\text{н.п.}} = 1,2$
Коэффициент, учитывающий воздействие попеременного замораживания-оттаивания, $K_{\text{F}} = 0,95$
Коэффициент усталости бетона при повторном нагружении [2, формула 3.8]

$$K_{\text{у}} = 1,08 \times (\sum N_{\text{р}})^{-0,063} = 1,08 \times 15700^{-0,063} \approx 0,59$$

Расчётное сопротивление бетона на растяжение при изгибе [2, формула 3.7]

$$R_{\text{р.и.}}^{\text{расч.}} = B_{\text{tb}} \times K_{\text{н.п.}} \times K_{\text{у}} \times K_{\text{F}} = 3,2 \times 1,2 \times 0,59 \times 0,95 = 2,14 \text{ МПа}$$

Коэффициент, учитывающий влияние места расположения нагрузки, $K_{\text{м}} = 1$
Коэффициент, учитывающий влияние штыревых соединений, $K_{\text{шт}} = 1,05$
Коэффициент, учитывающий условия работы, $K_{\text{усл}} = 0,66$
Коэффициент, учитывающий влияние температурного коробления плит, $K_{\text{t}} = 0,95$ [2, формула 3.4]

Радиус отпечатка колеса [2, формула 3.10]

$$R = \sqrt{\frac{Q}{0,1 \times \pi \times p}} = \sqrt{\frac{32,5}{0,1 \times \pi \times 0,6}} = 13,13 \text{ см}$$

Послойное вычисление эквивалентного модуля упругости [2, формула 3.12, 3.13]
Диаметр отпечатка колеса $D = 50$ см
$E_г{}^э = 45,6$ МПа

$$h_4 = 20 \text{ см}; \quad h_э = 2 \times h_4 \times \sqrt[3]{\frac{E_4}{6 \times E_{общ}{}^г}} = 2 \times 20 \times \sqrt[3]{\frac{120}{6 \times 45,6}} = 30,39 \text{ см};$$

$$E_4{}^э = \frac{E_4}{0,71 \times \sqrt{\frac{E_{общ}{}^г}{E_4}} \times arctg(\frac{1,35 \times h_э}{D}) + \frac{E_4}{E_{общ}{}^г} \times \frac{2}{\pi} \times arctg\frac{D}{h}} =$$

$$\frac{120}{0,71 \times \sqrt{\frac{46}{120}} \times arctg(\frac{1,35 \times 30,39}{50}) + \frac{120}{46} \times \frac{2}{\pi} \times arctg\frac{50}{30,39}} = 57,97 \text{ МПа};$$

$$h_3 = 23 \text{ см}; \quad h_э = 2 \times h_3 \times \sqrt[3]{\frac{E_3}{6 \times E_{общ}{}^4}} = 2 \times 23 \times \sqrt[3]{\frac{270}{6 \times 57,97}} = 42,28 \text{ см};$$

$$E_3{}^э = \frac{E_3}{0,71 \times \sqrt{\frac{E_{общ}{}^4}{E_3}} \times arctg(\frac{1,35 \times h_э}{D}) + \frac{E_3}{E_{общ}{}^4} \times \frac{2}{\pi} \times arctg\frac{D}{h}} =$$

$$\frac{270}{0,71 \times \sqrt{\frac{58}{270}} \times arctg(\frac{1,35 \times 42,28}{50}) + \frac{270}{58} \times \frac{2}{\pi} \times arctg\frac{50}{42,28}} = 91,89 \text{ МПа};$$

$$h_2 = 5 \text{ см}; \quad h_э = 2 \times h_2 \times \sqrt[3]{\frac{E_2}{6 \times E_{общ}{}^3}} = 2 \times 5 \times \sqrt[3]{\frac{120}{6 \times 91,89}} = 6,02 \text{ см};$$

$$E_2{}^э = \frac{E_2}{0,71 \times \sqrt{\frac{E_{общ}{}^3}{E_2}} \times arctg(\frac{1,35 \times h_э}{D}) + \frac{E_2}{E_{общ}{}^3} \times \frac{2}{\pi} \times arctg\frac{D}{h}} =$$

$$\frac{120}{0,71 \times \sqrt{\frac{92}{120}} \times arctg(\frac{1,35 \times 6,02}{50}) + \frac{120}{92} \times \frac{2}{\pi} \times arctg\frac{50}{6,02}} = 91,54 \text{ МПа};$$

$E_o{}^э = 91,54$ МПа;

Показатель жесткости S плиты

$$S = \frac{3 \cdot E_o^э}{E} \cdot \left(\frac{r}{h_{пл}}\right)^3 = \frac{3 \cdot 91}{25000} \cdot \left(\frac{0,26}{0,08}\right)^3 = 0,35$$

Поскольку S = 0,35 < 0,5 плиту мощения следует отнести к категории плит абсолютно жестких, а следовательно рассчитывать на растяжение при изгибе не требуется.

Результаты расчёта на морозоустойчивость

Материал грунта: Грунт насыпной, уплотнённый
Группа грунта по степени пучинистости 2
Высота насыпи 2 м, уровень грунтовых вод 2 м, толщина конструкции 0,56 м
Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды) $H_y = 2 \text{ м} + 2 \text{ м} - 0,56 \text{ м} = 3,44 \text{ м}$
Величина морозного пучения при усреднённых условиях и глубине промерзания 1,93 м [1, номогр. 4.3]
$l_{\text{пуч.ср.2}} = 3,96$ см
Коэффициент, учитывающий влияние расчётной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод [1, номогр. 4.1]
$K_{\text{угв}} = 0,4428$
Коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя [1, табл. 4.4]
$K_{\text{пл}} = 1$
Коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта [1, табл. 4.5]
$K_{\text{гр}} = 1$
Коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое [1, номогр. 4.2]
$K_{\text{нагр}} = 0,86$
Коэффициент, зависящий от расчётной влажности грунта [1, табл. 4.6]
$K_{\text{вл}} = 1,14$
Величина возможного морозного пучения [1, формула 4.2]

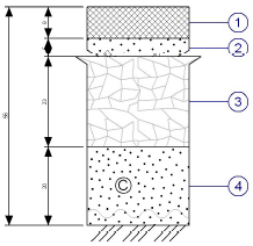
$$l_{\text{пуч}} = l_{\text{пуч.ср.}} \times K_{\text{угв}} \times K_{\text{пл}} \times K_{\text{гр}} \times K_{\text{нагр}} \times K_{\text{вл}} = 3,96 \times 0,4428 \times 1 \times 1 \times 0,86 \times 1,14 = 1,72 \text{ см}$$

$$l_{\text{доп.}} = 3 \text{ см} \quad [1, \text{табл. } 4.3]$$

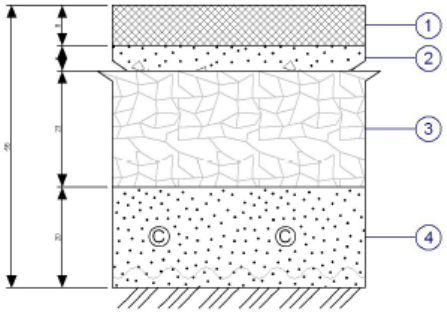
Ожидаемая пучинистость грунта 1,72 см $<$ 80% от допустимой 3,00 см
Морозоустойчивость конструкции обеспечена.

Исходные данные

Название объекта	Проезды		
Район проектирования			
Выполняемые расчёты	На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, стат. нагрузку, морозоустойчивость		
Техническая категория дороги	IV категория	Дорожно-климатическая зона	II - подзона 1
Тип дорожной одежды	Капитальный	Схема увлажнения	Схема 1
Число полос движения (в обе стороны)	2	Коэффициент уплотнения грунта	1,00
Номер расчётной полосы от обочины	1	Суммарное число приложений нагрузки	15700
Уклоны в местах перелома профиля, ‰	—	Расчётное количество дней в году Трдг	140
Расчётная влажность грунта Wp	0,74	Расчётный срок службы Тсл, лет	10
Нагрузка, кН / Давление, МПа / D штампа, см	50 / 0,60 / 26		
Заданная надёжность Кн	0,90	Глубина промерзания грунтов, м	1,93

№ варианта	Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см	Расчётные характеристики				Морозоустойчивость
			Упругий прогиб, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа	Статическая нагрузка, МПа	
Проезды (8см)	1. Конструктивный слой № 1 — Плиты 600х300мм		Еупр = 25000	Есдв = 1250		Естат = 25000	
	2. Конструктивный слой № 2 — Подстилающий слой из песка крупного		Еупр = 120	Есдв = 120	Еизг = 120	Естат = 120	
	3. Конструктивный слой № 3 — Щебень фракционированный 20..40 мм легкоуплотняемый с заклинкой фракционированным мелким щебнем фр.5..10		Еупр = 270	Есдв = 270	Еизг = 270	Естат = 270	
	4. Конструктивный слой № 4 — Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%		Еупр = 120	Есдв = 120 Ктр = 0,940 Красч = 1,000 Запас = 6%	Еизг = 120 α = 0,970	Естат = 120 Ктр = 0,940 Красч = 1,760 Запас = 87%	
	— Геотекстиль (прочность на статическое продавливание не менее 1кН)						
	Грунт земляного полотна — Грунт насыпной, уплотнённый		Еупр = 46	Есдв = 46 Ктр = 0,940 Красч = 3,080 Запас = 228%		Естат = 46 Ктр = 0,940 Красч = 4,960 Запас = 428%	Lдоп = 3 см Lпуч = 2 см Запас = 1 см

Конструктивная схема



Грунт земляного полотна

1. Плиты 600х300мм
2. Подстилайющий слой из песка крупного
3. Щебень фракционированный 20..40 мм легкоуплотняемый с заклинкой фракционированным мелким щебнем фр.5..10
4. Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%
   Геотекстиль (прочность на статическое продавливание не менее 1кН)

Приложение Д
(справочное)
Методика для контроля качества устройства конструктивных слоев дорожных одежд с покрытием из камней/плит мощения

Д.1.За основной критерий оценки качества уплотнения грунтов земляного полотна (подстилающий грунт) и конструктивных слоев дорожных одежд принято обеспечение требуемой величины упругого прогиба слоев, которое проверяется путем сопоставления фактически измеренных эквивалентных (общих) поверхностных модулей упругости грунтов в период строительства с величинами, удовлетворяющими условиям надежной эксплуатации покрытий с применением искусственных камней мощения.Методика применима для контроля качества уплотнения грунтов земляного полотна и конструктивных слоев дорожных одежд, в том числе с покрытиями из искусственных камней мощения.

Д.2 Контроль осуществляется путем сопоставления теоретических значений эквивалентных (общих) модулей упругости $E_т^i$ с модулями упругости, полученными при фактических испытаниях в процессе строительства $E_{стр}^i$:

$$E_{стр}^i \geq E_t^i$$

Д.3 Теоретические значения эквивалентных модулей упругости $E_т^i$, определяются на основе проектных решений(п.5.4.5.6, формула 8), а также при помощи номограмм Д.1, Д.2, Д.3.

Д.4 Фактические значения модулей упругости $E_{стр}^i$ определяются при помощи малогабаритных установок динамического нагружениятипа ПДУ МГ-4 «Удар», Dynatest 3031 LWD или иных инструментов со схожими конструкциями.

Д.5 В качестве малогабаритной установки динамического нагружения может использоваться оборудование, имеющее в своей конструкции датчик измерения силы и датчикизмерения перемещения (рис. Д.1). Подобное оборудование предназначено для измерения модуля упругости на основе прямых измерений амплитуды перемещения штампа и ударной силы, действующей на круглый, жесткий штамп.

Д.6 Диапазон измерений силы при помощи малогабаритной установки динамического нагружения: 0,1 – 19,0 кН.

Д.7 Диапазон измерений перемещения штампа малогабаритной установки динамического нагружения: 50 – 9999 мкм.

Д.8 Значения модулей упругости у конструктивных слоев назначаются в соответствии с типом грунта, заложенного в проектной документации и применяемого в процессе строительства по данным лабораторных испытаний или табличным данным, представленным в соответствующей нормативной документации.

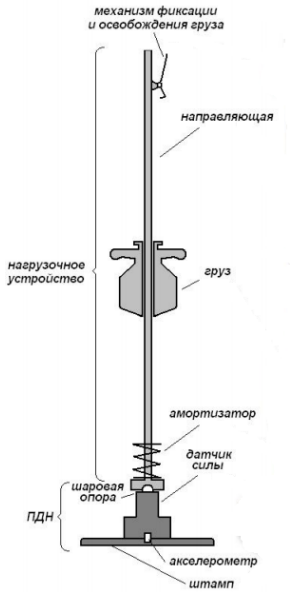


Рис. Д.1 – Общая (принципиальная) схема малогабаритной установки динамического нагружения

Д.9 Методика применима для нового строительства и для реконструкции дорожных одежд с покрытием из искусственных камней мощения.

Д.10 При выполнении контроля поверхностного модуля упругости, толщины слоев не должны превышать значения 0,45 м.

Д.11 При новом строительстве для определения теоретических значений эквивалентных модулей упругости необходимо использовать номограммы Д.1 или Д.2. Последовательность определения представлена на рисункеД.2.

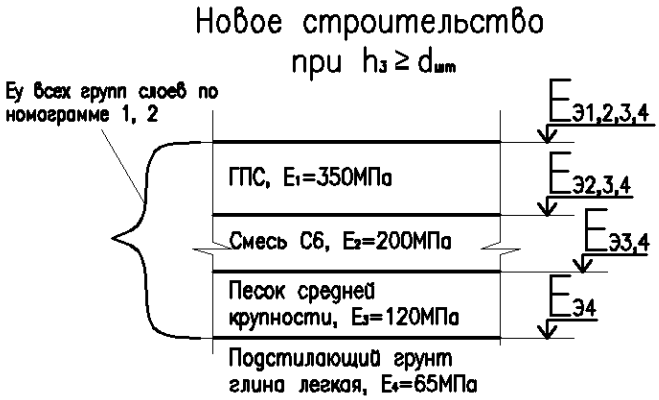


Рис. Д.2 – Последовательность определения эквивалентного модуля групп слоев по номограммам при новом строительстве (пример)

Д.12 При выполнении работ по реконструкции, контроль модуля упругости земляного полотна (подстилающего грунта) допускается не выполнять, в случае, когда толщина первого отсыпаемого слоя будет меньше диаметра плиты малогабаритной установки динамического нагружения, т.е. при

$$h_{i+1} < d_{шт} = 0.30 м$$

Д.13 При реконструкции для определения теоретических значений эквивалентных модулей упругости, учитывая п. Д.13, для первой пары грунтов (рис. Д.3), необходимо использовать номограмму Д.3. Для последующих групп слоев, при послойной отсыпке – необходимо использовать номограммы Д.1 или Д.2. В случае, когда толщина нижнего слоя больше одного диаметра плиты измерителя модуля упругости, т.е. при

$$h_{i+1} \geq d_{шт} = 0.30 м,$$

то определение всех теоретических значений общих модулей упругости следует вести с использованием номограммы Д.1 или Д.2 с первой группы слоев (рис. Д.4).

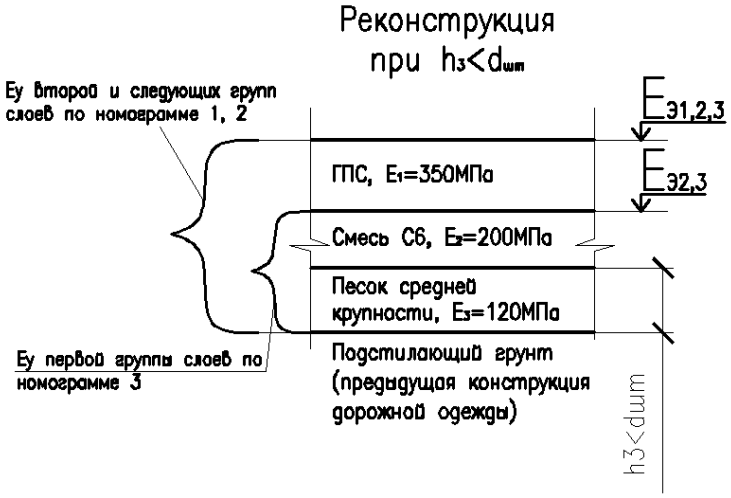


Рис. Д.3 – Последовательность использования номограмм при реконструкции (пример).

Условие $h_{i+1} < d_{шт} = 0.30$м

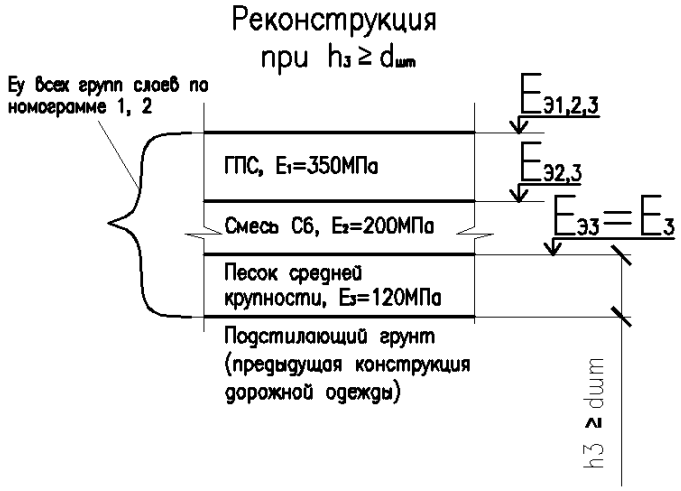


Рис. Д.4 – Последовательность использования номограмм при реконструкции (пример).

Условие $h_{i+1} \geq d_{шт} = 0.30$м

Д.14 При устройстве дорожной одежды на бетонном фундаменте или на иных искусственных основаниях, модуль упругости которых превышает значение 400 МПа, контроль модуля упругости первого отсыпаемого слоядопускается не выполнять, в случае, когда толщина этого слоя будет меньше 0,30 м (рис. Д.3).

Д.15 По результатам выполненных испытаний разница в фактически измеренных и теоретических значениях общих модулей упругости не должна превышать 10%.

Д.16 В случае, когда при проведении трех промежуточных измерений в одной точке был выявлен большой размах результатов измерений, то необходимо изменить положение исследуемой точки для повторного испытания. Если при выполнении повторного испытания снова возникает большой размах результатов измерений – требуется выполнение мероприятий, представленных в п. Д. 18.

Д.17 В качестве рекомендаций по устранению выявленных несоответствий следует принимать следующее:

- в случае, когда по результатам выполненных измерений не достигнуто теоретических значений по модулю упругости, следует произвести дополнительное уплотнение грунта;

- если конструктивный слой представлен малосвязным грунтом, то перед уплотнением следует увеличить его влажность до оптимальной.

- если слой грунта обработан неорганическими вяжущими, то требуется либо увеличение процентного содержания в смеси связующего той же марки, либо изменение марки связующего в большую сторону, с последующим уплотнением.

Д.18 Частота расположения точек исследований вдоль линейного объекта должна регламентироваться техническим заданием, но не реже чем через 10 метров. Поперек – с шагом через 3 – 5 метров.

Д.19 Располагать точки исследований необходимо не ближе 1 м к краю покрытия.

Д.20 В процессе устройства конструктивных слоев должна обязательно контролироваться их толщина.

Д.21 Границы применимости методики:

– в каждом случае с целью определения использования конкретной номограммы Д.1, Д.2 или Д.3 необходимо выполнить тестовое испытание земляного полотна(подстилающего грунта). Если значение модуля упругости подстилающего грунта выше значения нижнего слоя конструкции дорожной одежды, то необходимо использовать для первой пары слоев номограмму Д.3 с учетом п. Д.13 и Д.14. Если значение модуля упругости подстилающего грунта ниже значения модуля первого слоя дорожной одежды снизу, то необходимо использовать номограммы Д.1 или Д.2 с учетом п. Д.12;

– значения поверхностных модулей упругостиконтролируемых конструктивных слоев должны находиться в диапазоне от 10 МПа до 370 Мпа;

– толщины контролируемых конструктивных слоев должны быть не более 0,45 м;

– эквивалентный модуль упругости определяется для каждой группы слоев.

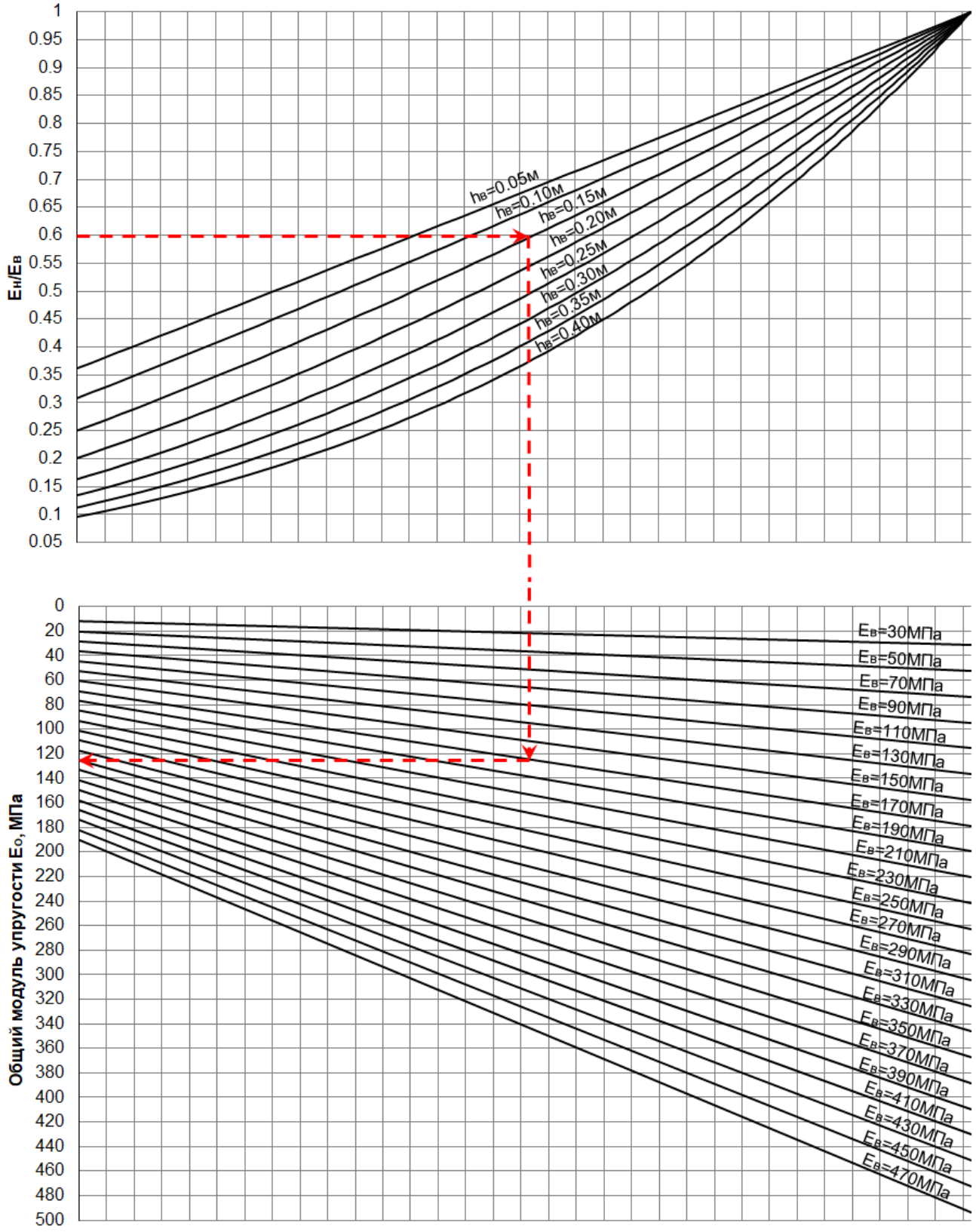
Д.22 При использовании малогабаритных установок типа ПДУ МГ-4 «Удар», Dynatest 3031 LWD или иных инструментов со схожими конструкциями не допускается чрезмерное снижение высоты падающего груза. Нормальное положение – это положение в котором груз максимально, исходя из конструктивных особенностей инструмента, поднят и зафиксирован относительно поверхности конструктивного слоя.

Д.23 Для приближенного определения значений эквивалентных модулей упругости на поверхности несущего слоя основания – слое щебня, допускается использование значений из Таблицы Д.1.

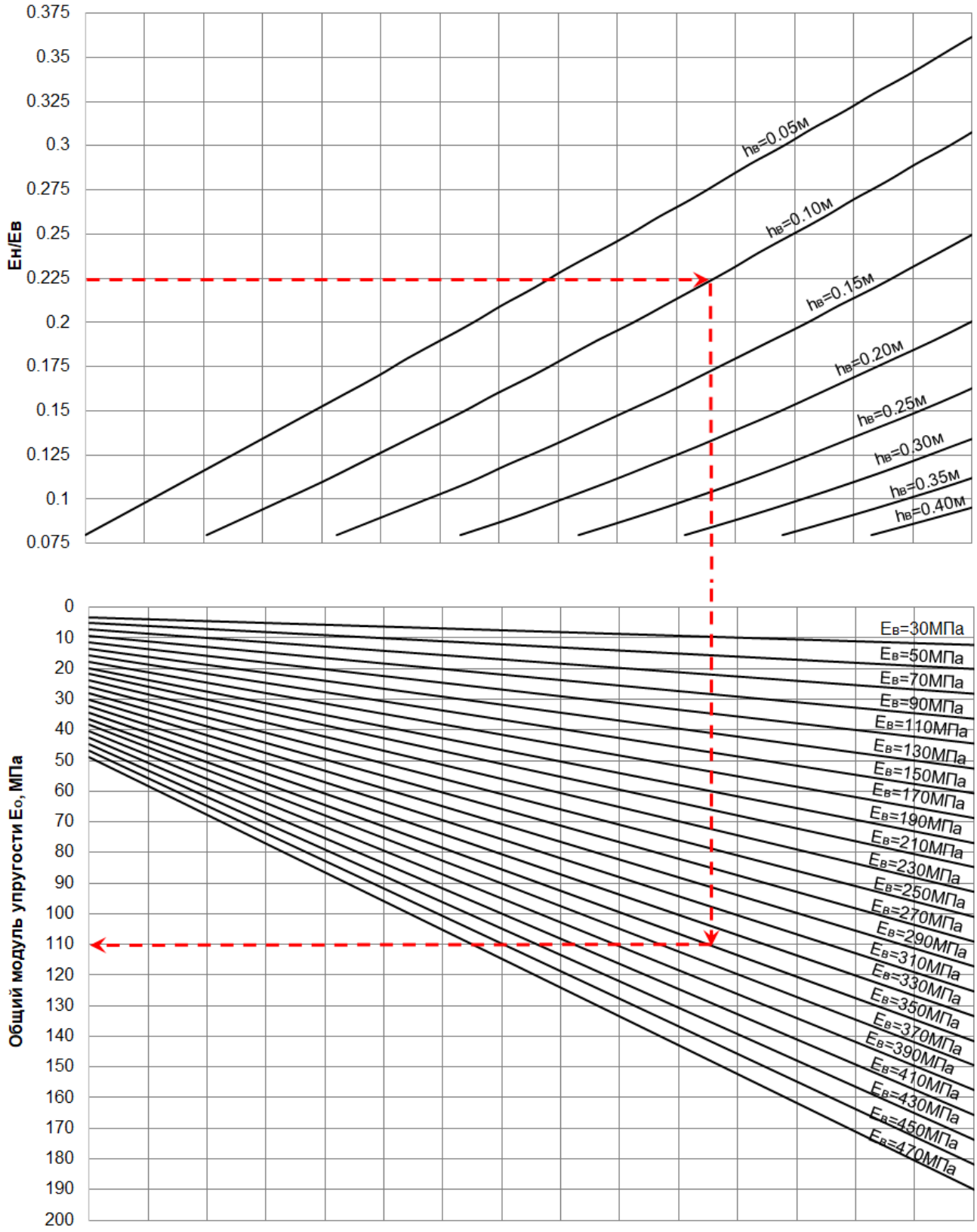
Д.24 Минимально допустимое значение модуля упругости у подстилающего грунта (грунт основания) конструкции дорожной одежды должно составлять 45 МПа.

Таблица Д.1 – Минимальные значения эквивалентных модулей на несущем слое основания (слой щебня)

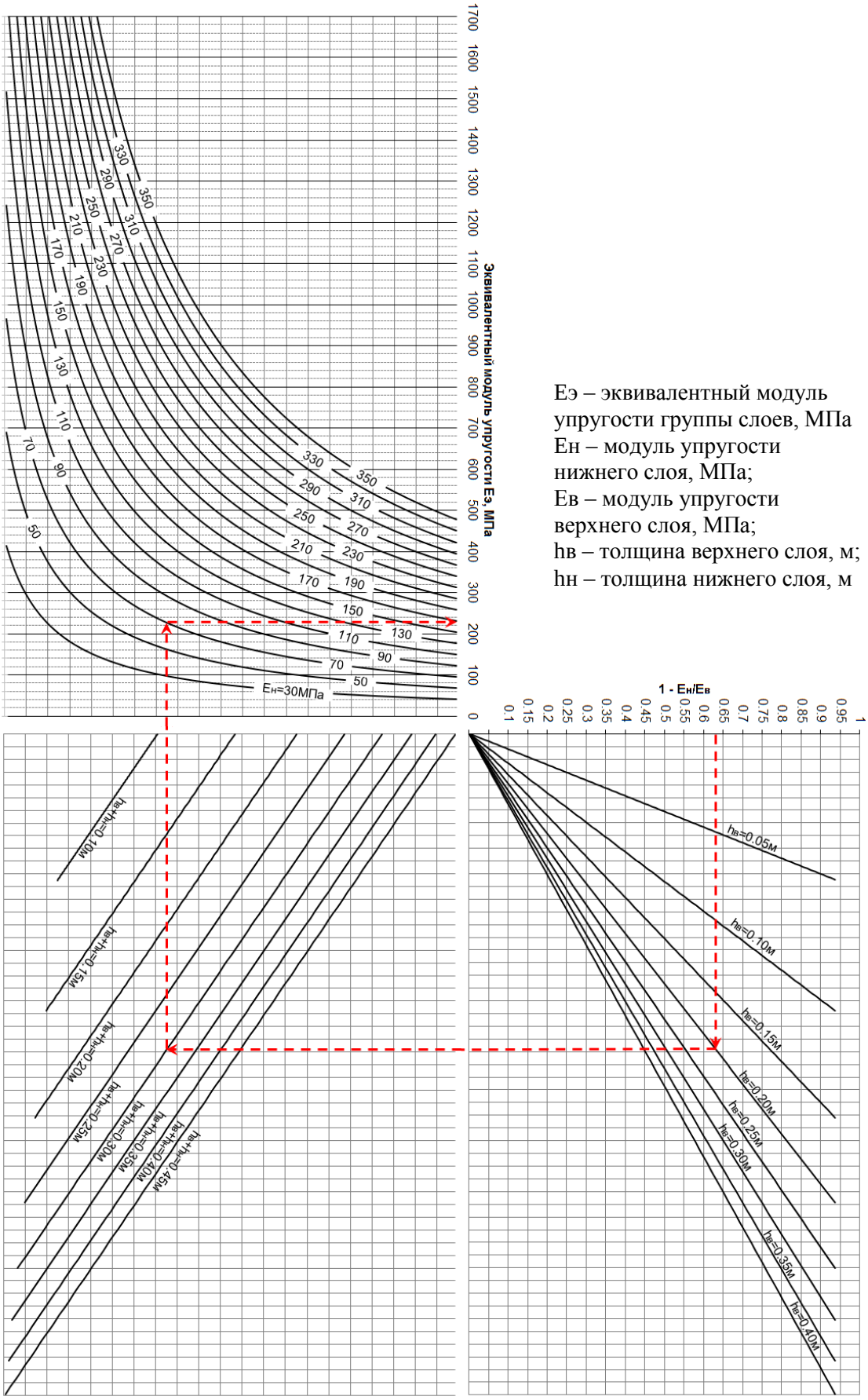
Принципиальная схема	Эквивалентные модули упругости, МПа в зависимости от класса нагрузок				
	N1	N2	N3	Автомобильные дороги	Портовые территории, контейнерные терминалы
-камни мощения; - монтажный слой; **-несущий слой основания (щебень фракционированный 20-40 мм с заклинкой);** - дополнительный слой основания; -грунт земляного полотна	105	180	180	195	240
Примечания: 1) N1 –N3 – по таблице 1 (раздел 4.1). 2) в таблице не учитываются конструкции с горизонтальными связями между блоками и возможное армирование с помощью геосинтетических материалов					



НомограммаД.1 для определения теоретических значений эквивалентного модуля упругости для нового строительства



Номограмма Д.2(увеличенная) для определения теоретических значений эквивалентного модуля упругости для нового строительства



Еэ – эквивалентный модуль упругости группы слоев, МПа
Ен – модуль упругости нижнего слоя, МПа;
Ев – модуль упругости верхнего слоя, МПа;
hв – толщина верхнего слоя, м;
hн – толщина нижнего слоя, м

Номограмма Д.3 для определения теоретических значений эквивалентного модуля упругости для реконструкции

Д.25 Примеры определения теоретических величин эквивалентных модулей упругости

В данном приложении представлены примеры определения требуемых величин эквивалентных модулей упругости при новом строительстве и для случая реконструкции.

Пример 1.Случай нового строительства конструкции N1. Необходимо определить теоретические значения модуля упругости глины и эквивалентных модулей упругости (рис. Д.П1) для группы слоев – песок и глина $E_{Э2,3}$, а также для группы слоев – щебень, песок и глина $E_{Э1,2,3}$, с которыми будут сопоставляться фактически измеренные значения, полученные в процессе строительства при помощи прибора ПДУ МГ-4 «Удар».

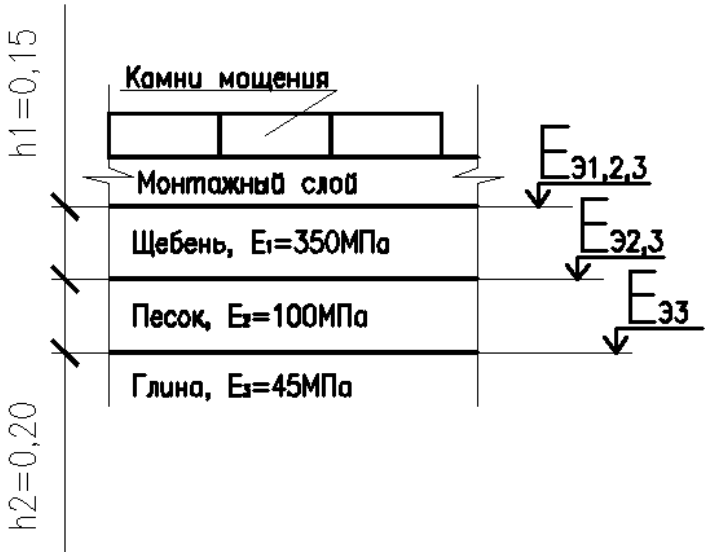


Рисунок Д.П1 – Расчетная схема для определения требуемых значений теоретических эквивалентных модулей упругости при новом строительстве (пример 1)

При контроле качества уплотнения подстилающего грунта величина модуля упругости должна составить – 45 МПа, в соответствии с п. Д.25.

Расчетведется послойно, начиная с подстилающего грунта по номограмме Д.1:

1) $$\frac{E_н}{E_в}=\frac{E_3}{E_2}=\frac{45}{100}=0.45$$

При толщине слоя h_2=0.2 м и модуле упругости верхнего слоя E_2=100 МПа по номограммеД.1 определим величину эквивалентного модуля упругости $E_{Э2,3}$:

$E_{Э2,3}$=65 МПа

2) $$\frac{E_н}{E_в}=\frac{E_{Э2,3}}{E_1}=\frac{65}{350}=0.186$$

При толщине слоя h_1=0.15 м и модуле упругости верхнего слоя E_1=350 МПа по номограмме Д.2 определим величину эквивалентного модуля упругости $E_{Э1,2,3}$:

$E_{Э1,2,3}$=116 МПа

Таким образом, при строительстве, во время выполнения контроля качества уплотнения конструктивных слоев измеренные эквивалентные модули упругости должны быть равны полученным значениямна глине $E_{Э3}$=45 МПа, на песке средней крупности $E_{Э2,3}$=65 МПа и на слое щебня $E_{Э1,2,3}$=116 МПа в границах применимости представленной методики (п. Д.22).

Пример 2.Случай нового строительства конструкции N2. Тип местности – особый. Необходимо определить теоретические значения модуля упругости грунтового основания и

эквивалентных модулей упругости (рис. Д.П2) для группы слоев – песок и супесь пылеватая $E_{Э2,3}$, а также для группы слоев – щебень, песок и супесь пылеватая $E_{Э1,2,3}$, с которыми будут сопоставляться фактически измеренные значения, полученные в процессе строительства при помощи прибора ПДУ МГ-4 «Удар».

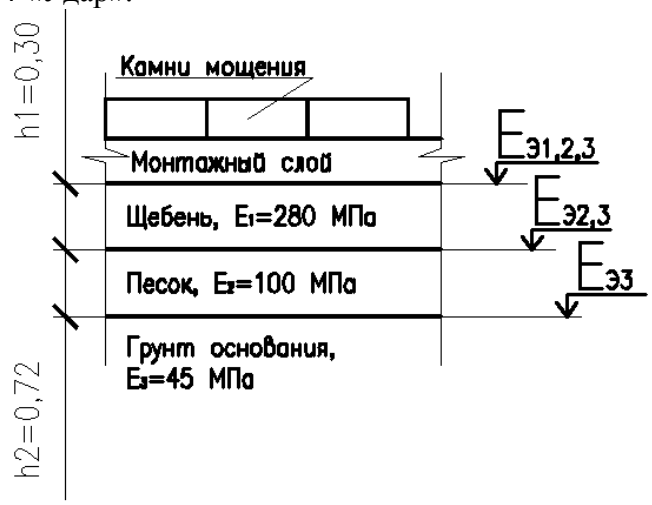


Рисунок Д.П2 – Расчетная схема для определения требуемых значений теоретических эквивалентных модулей упругости при новом строительстве (пример 2)

При контроле качества уплотнения подстилающего грунта величина модуля упругости должна составить – 45 МПа, в соответствии с п. Д.25.

Расчет ведется послойно, начиная с подстилающего грунта по номограмме Д.1. Поскольку в соответствии с требованиями п. Д.11 – величина верхнего слоя в контролируемой группе слоев должна составлять не более 0.45 м, то:

1) $$\frac{E_н}{E_в}=\frac{E_3}{E_2}=\frac{45}{100}=0.45$$

При толщине слоя $h_{2\text{-}1}$=0.45 м и модуле упругости верхнего слоя E_2=100 МПа по номограмме Д.1 определим величину эквивалентного модуля упругости $E_{Э2\text{-}1,3}$:

$E_{Э2\text{-}1,3}$=81 МПа

При дальнейшей отсыпке слоя из песка, величина эквивалентного модуля упругости $E_{Э2,3}$,при толщине слоя $h_{2\text{-}2}$=0.72 - 0.45 = 0.27 м и модуле упругости данного слоя E_2=100 МПа по номограмме Д.1, составит

2) $$\frac{E_н}{E_в}=\frac{E_{Э2,3}}{E_2}=\frac{81}{100}=0.81$$

$E_{Э2,3}$=95 МПа

3) $$\frac{E_н}{E_в}=\frac{E_{Э2',3}}{E_1}=\frac{95}{280}=0.339$$

При толщине слоя h_1=0.30 м и модуле упругости верхнего слоя E_1=280 МПа по номограмме Д.1 определим величину эквивалентного модуля упругости $E_{Э1,2,3}$:

$E_{Э1,2,3}$=180 МПа

Таким образом, при строительстве, во время выполнения контроля качества уплотнения конструктивных слоев измеренные эквивалентные модули упругости должны быть равны полученным значениямна грунтовом основании $E_{Э3}$=45 МПа , на первом слое песка $h_{2\text{-}1}$=0.45 м - $E_{Э2,3}$=81 МПа , на втором слое песка средней крупности $h_{2\text{-}2}$=0.27 м - $E_{Э2,3}$=95 МПа , и на слое

щебня $E_{Э1,2,3}$=180 МПа в границах применимости представленной методики (п. Д.22). Следует отметить, что промежуточные толщины слоев могут иметь другие значения, отличные от принятых в данном примере.

Пример 3.Случай нового строительства конструкции N3. Тип местности – 2. Необходимо определить теоретические значения модуля упругости супеси легкой и эквивалентных модулей упругости (рис. Д.П3) для группы слоев – песок и грунт основания $E_{Э2,3}$, а также для группы слоев – щебень, песок средней крупности и грунт основания $E_{Э1,2,3}$, с которыми будут сопоставляться фактически измеренные значения, полученные в процессе строительства при помощи прибора ПДУ МГ-4 «Удар».

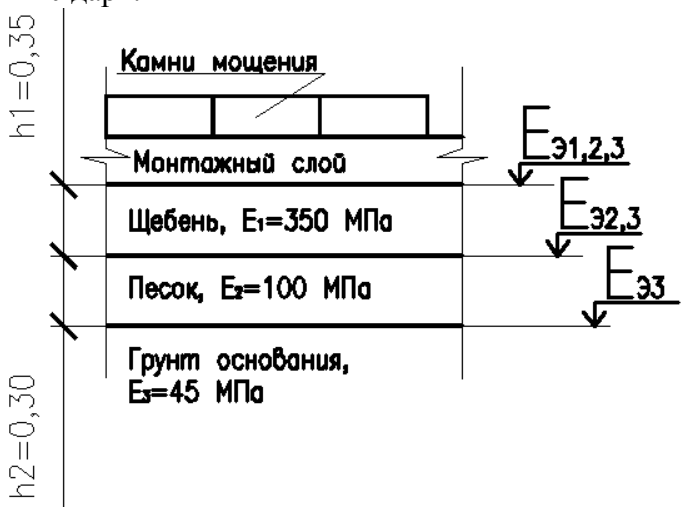


Рисунок Д.П3 – Расчетная схема для определения требуемых значений теоретических эквивалентных модулей упругости при новом строительстве (пример 3)

При контроле качества уплотнения подстилающего грунта величина модуля упругости должна составить – 45 МПа, в соответствии с п. Д.25.

Расчет ведется послойно, начиная с подстилающего грунта по номограмме Д.1:

1) $$\frac{E_н}{E_в}=\frac{E_3}{E_2}=\frac{45}{100}=0.45$$

При толщине слоя h_2=0.3 м и модуле упругости верхнего слоя E_2=100 МПа по номограмме Д.1 определим величину эквивалентного модуля упругости $E_{Э2,3}$:

$E_{Э2,3}$=73 МПа

2) $$\frac{E_н}{E_в}=\frac{E_{Э2,3}}{E_1}=\frac{73}{350}=0.209$$

При толщине слоя h_1=0.35 м и модуле упругости верхнего слоя E_1=350 МПа по номограмме Д.1 определим величину эквивалентного модуля упругости $E_{Э1,2,3}$:

$E_{Э1,2,3}$=190 МПа

Таким образом, при строительстве, во время выполнения контроля качества уплотнения конструктивных слоев измеренные эквивалентные модули упругости должны быть равны полученным значениямна грунте основания $E_{Э3}$=45 МПа, на песке $E_{Э2,3}$=73 МПа и на слое щебня $E_{Э1,2,3}$=190 МПа в границах применимости представленной методики (п. Д.22).

Пример 4.Случай нового строительства конструкции автомобильной дороги. Необходимо определить теоретические значения модуля упругости грунта основания и эквивалентных модулей упругости (рис. Д. П4) для группы слоев – песок и грунт основания $E_{Э2,3}$, а также для

группы слоев – щебень, песок и грунт основания $E_{Э1,2,3}$, с которыми будут сопоставляться фактически измеренные значения, полученные в процессе строительства при помощи прибора ПДУ МГ-4 «Удар».

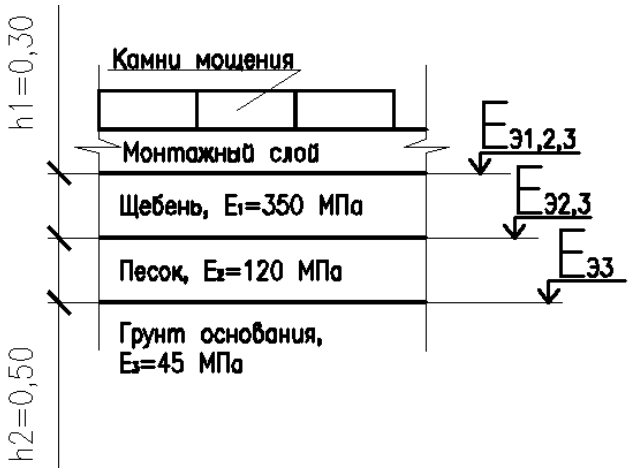


Рисунок Д.П4 – Расчетная схема для определения требуемых значений теоретических эквивалентных модулей упругости при новом строительстве (пример 4)

При контроле качества уплотнения подстилающего грунта величина модуля упругости должна составить – 45 МПа, в соответствии с п. Д.25.

Расчет ведется послойно, начиная с подстилающего грунта по номограмме Д.1. Поскольку в соответствии с требованиями Д.11 – величина верхнего слоя в контролируемой группе слоев должна составлять не более 0.40 м, и по условиям строительства величина послойной отсыпки составляет, например, 0.20 м, то:

1) $$\frac{E_н}{E_в}=\frac{E_3}{E_2}=\frac{45}{120}=0.375$$

При толщине слоя $h_{2\text{-}1}$=0.25 м и модуле упругости верхнего слоя E_2=120 МПа по номограмме Д.1 определим величину эквивалентного модуля упругости $E_{Э2\text{-}1,3}$:

$E_{Э2\text{-}1,3}$=76 МПа

При дальнейшей отсыпке слоя из песка средней крупности, величина эквивалентного модуля упругости $E_{Э2,3}$,при толщине слоя $h_{2\text{-}2}$=0.50 - 0.25 = 0.25 м и модуле упругости данного слоя E_2=120 МПа по номограмме Д.1, составит

2) $$\frac{E_н}{E_в}=\frac{E_{Э2\text{-}1,3}}{E_2}=\frac{76}{120}=0.633$$

$E_{Э2,3}$=100 МПа

3) $$\frac{E_н}{E_в}=\frac{E_{Э2,3}}{E_1}=\frac{100}{350}=0.286$$

При толщине слоя h_1=0.30 м и модуле упругости верхнего слоя E_1=350 МПа по номограмме Д.1 определим величину эквивалентного модуля упругости $E_{Э1,2,3}$:

$E_{Э1,2,3}$=206 МПа

Таким образом, при строительстве, во время выполнения контроля качества уплотнения конструктивных слоев измеренные эквивалентные модули упругости должны быть равны полученным значениямна грунте основания $E_{Э3}$=45 МПа, на первом слое песка $h_{2\text{-}1}$=0.25 м - $E_{Э2\text{-}1,3}$=76 МПа, на втором слое песка $h_{2\text{-}2}$=0.25 м - $E_{Э2,3}$=100 МПа, наслое щебня h_1=0.30 м $E_{Э1,2,3}$=206 МПа в границах применимости представленной методики (п. Д.22). Следует

отметить, что промежуточные толщины слоев могут иметь другие значения, отличные от принятых в примере.

Пример 5. На реконструируемом объекте необходимо определить теоретические значения эквивалентных модулей упругости (рис. Д.П5) для грунта основания $E_{Э2}$, щебня и песка $E_{Э1,2}$ с которыми будут сопоставляться фактически измеренные значения, полученные в процессе строительства при помощи прибора ПДУ МГ-4 «Удар».

В новых проектах реконструкции в расчетах обычно принимаются значения модуля подстилающего грунта с предыдущего проекта. Фактически может возникнуть ситуация, при которой первый снизу конструктивный слой, например, дополнительный слой основания, по факту будет иметь модуль упругости меньший, чем у подстилающего грунта, что противоречит основам методики расчета, изложенной в ОДН 218.046-01. Таким образом, для определения общего модуля необходимо воспользоваться номограммой Д.3, учитывающей толщину грунта с более низкими деформационными характеристиками. При этом в первой паре, для которой определяют эквивалентный модуль, нижним является дополнительный слой основания. Податливостью подстилающего грунта в таком случае можно пренебречь, но в пределах границ применимости данной методики (п. Д.22). Поэтому первым шагом в соответствии с п. Д.22 необходимо определить на объекте модуль упругости подстилающего грунта с целью убедиться в том, что его значение больше или меньше модуля упругости первого слоя дорожной одежды снизу. В первом случае для первой пары используем номограмму Д.3, во втором – номограмму Д.1 или Д.2. В данном примере принимаем, что модуль упругости подстилающего грунта выше чем у заложенного в проекте первого слоя снизу.

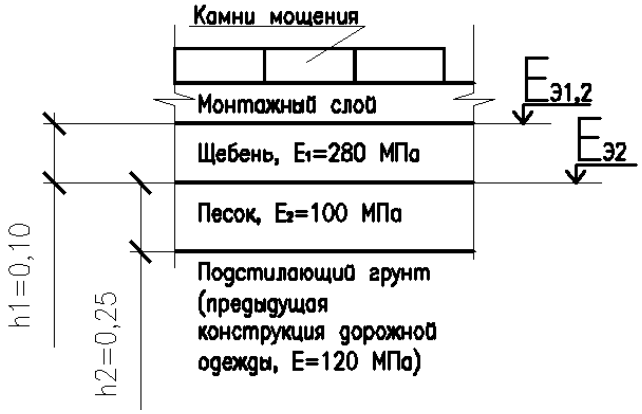


Рисунок Д.П5– Расчетная схема для определения требуемых значений теоретических эквивалентных модулей упругости при реконструкции (пример 5)

При выполнении контроля на объекте на слое песка величина модуля упругости измеренного с помощью прибора ПДУ МГ-4 «Удар» должна составить не менее $E_{Э2}$=100 МПа.

Расчет ведется послойно.Для определения эквивалентного модуля упругости для группы слоев из щебня и песка $E_{Э1,2}$ необходимо воспользоваться номограммойД.3:

1) $$1-\frac{E_н}{E_в}=1-\frac{E_З}{E_2}=1-\frac{100}{280}=0.643$$

Толщинанижнего слоя h_2=0.25м, а верхнего слоя h_1=0.10м

$h_i+h_{i+1}=h_1+h_2$=0.35м

Учитывая, что модуль упругости нижнегослоя E_2=100 МПа по номограмме Д.3 определим величину эквивалентного модуля упругости $E_{Э1,2}$:

$E_{Э1,2}$=208 МПа

Таким образом, при реконструкции, во время выполнения контроля качества уплотнения конструктивных слоев измеренные эквивалентные модули упругости должны быть равны

полученным значениямна слое песка $E_{Э2}$=100 МПа, на щебне $E_{Э1,2}$=208 МПа в границах применимости представленной методики (п. Д.22).

Пример 6. На реконструируемом объекте необходимо определить теоретические значения эквивалентных модулей упругости (рис. Д.П6) для песка $E_{Э2}$, щебня и песка $E_{Э1,2}$ с которыми будут сопоставляться фактически измеренные значения, полученные в процессе строительства при помощи прибора ПДУ МГ-4 «Удар».

Первый шаг - необходимо определить эквивалентный модуль упругости подстилающего грунта. Данная величина составила 120 МПа. Таким образом в соответствии с п. Д.22 для определения эквивалентных модулей упругости необходимо воспользоваться номограммами Д.1 или Д.2.

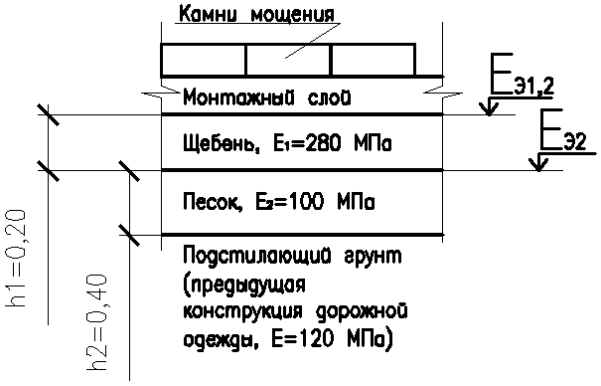


Рисунок Д.6– Расчетная схема для определения требуемых значений теоретических эквивалентных модулей упругости при реконструкции (пример 6)

При выполнении контроля на объекте на слое песка величина модуля упругости измеренного с помощью прибора ПДУ МГ-4 «Удар» должна составить не менее $E_{Э2}$=100 МПа.

Для определения эквивалентного модуля упругости для группы слоев из щебня и песка $E_{Э1,2}$ необходимо воспользоваться номограммой Д.1:

2) $$\frac{E_н}{E_в}=\frac{E_2}{E_1}=\frac{100}{280}=0.286$$

При толщине слоя h_1=0.2 м и модуле упругости верхнего слоя E_1=280 МПа по номограмме Д.1 определим величину эквивалентного модуля упругости $E_{Э1,2}$:

$E_{Э1,2}$=174 МПа

Таким образом, при реконструкции, во время выполнения контроля качества уплотнения конструктивных слоев измеренные эквивалентные модули упругости должны быть равны полученным значениямна слое песка $E_{Э2}$=100 МПа, на щебне $E_{Э1,2}$=174 МПа в границах применимости представленной методики (п. Д.22).

Д.26 Инструкция выполнения измерений эквивалентного модуля упругости с помощью малогабаритной установки динамического нагружения ПДУ МГ4 «Удар»:

1. Установить нагрузочную плиту на подготовленную поверхность. Поворотом и перемещением плиты установить полный контакт с контролируемой поверхностью. Чтобы сгладить неровности контролируемой поверхности, можно использовать сухой песок. Количество песка должно быть не более необходимого для заполнения неровностей поверхности под плитой.

2. Установить нагружающее устройство на шаровую опору ПДН.

3. Механизм фиксации и освобождения груза установить на максимальную высоту и надежно зафиксировать.

4. Для уменьшения погрешности определения модуля упругости высоту установки груза необходимо выбирать такой, чтобы измеренное перемещение было максимальным, но не

превышало диапазон измерения 9999 мкм. Если перемещение штампа больше максимального (водо-насыщенные, илистые, заторфованные или другие мало прочные или неуплотненные грунты), то высоту установки груза необходимо уменьшить. В большинстве случаев для уплотненных глин и суглинков, песков и супесей, а также на щебеночных основаниях высота установки груза должна быть максимальной.

5. Подключить кабель к ПДН и электронному блоку.

6. Выполнить (технологический) разовый сброс груза для обеспечения плотного прилегания нагрузочной плиты к исследуемому грунту.

7. Включить электронный блок.

8. Опустить груз в крайнее нижнее положение. Не снимая нагружающего устройства с ПДН и не прикасаясь к нему нажать кнопку «ВВОД». На дисплее появится индикатор процесса автоподстройки.

9. Автоподстройку необходимо повторить в случаях:

- перемещение ПДН или нагружающего устройства в процессе автоподстройки;
- переноска прибора на другое место измерений;
- недостоверные результаты измерений и т.д.

10. В левой части дисплея отображаются инструкции, которые необходимо выполнить для проведения измерений. Движущаяся в левом верхнем углу дисплея стрелка сообщает пользователю о готовности прибора к измерениям (сбросу груза).

11. В правом верхнем углу находится сообщение об используемой градуировке: материал поверхности; шифр используемой градуировки (инверсно); коэффициент Пуассона для данного материала поверхности.

12. Перед началом измерений можно выбрать другую градуировку. Для выбора другой градуировки перед началом серии измерений нажать кнопку F или ВВОД, обозначение шифра используемой градуировки начнет мигать. С помощью кнопок ВВЕРХ и ВНИЗ выбрать требуемую градуировку из списка (таблица Д.2) и нажать кнопку ВВОД. Прибор имеет возможность ввода коэффициента Пуассона для различного типа материала контролируемых поверхностей.

Таблица Д.2 – Соответствие шифра градуировки коэффициенту Пуассона

Шифр градуировки	Материал	Коэффициент Пуассона μ
Б1	Скальный грунт	0,20
Б2	Крупнообломочный грунт	0,27
Б3	Пески, супеси	0,30
Б4	Суглинки	0,35
Б5	Глина	0,42
И1…И8	Грунт	0,30

13. Произвести подъем груза до характерного щелчка механизма фиксации и освобождения груза.

14. Произвести сброс груза. Если измерения прошли успешно, то на экран выводятся модуль упругости контролируемой поверхности E (МН/м2), перемещение плиты L (мкм) и максимальная сила удара Fmax (Н). В левой части экрана выводятся графики зависимости силы удара и перемещения от времени.

15. Измерения (сброс груза) необходимо провести не менее трех раз на исследуемой точке.

16. Количество точек исследований определяется программой испытаний.

Приложение Е
(обязательное)
Правила приемки вибропрессованных изделий для мощения на строительном объекте

1. Поступающие на объект поддоны (транспортные пакеты) с продукцией должны сопровождаться документами, подтверждающими ее соответствие НД (документ о качестве (паспорт), сертификат соответствия при наличии). Сразу же после прибытия продукции на строительную площадку необходимо: проверить на основании накладной соответствует ли поставка заказу, произвести ее осмотр на предмет наличия дефектов. В случае возникновения вопросов, работы по укладке камней/плит не могут быть начаты до тех пор, пока эти вопросы не будут прояснены.

2. Каждый транспортный пакет должен иметь соответствующую этикетку с маркировочными надписями и знаками согласно п.5 ГОСТ 17608.

3. Транспортные пакеты не должны иметь нарушения целостности и значительных видимых повреждений упаковочного материала

4. Погрузка и выгрузка вибропрессованных изделий должна осуществляться способами, исключающими повреждения изделий и упаковки, погрузка плит навалом и разгрузка их сбрасыванием не допускаются. Пакеты необходимо складировать на выровненное твердое покрытие с уклоном 1-2 % в сторону внешнего контура с устройством водостоков. Высота штабеля изделий при хранении не должна превышать 2-х пакетов. В условиях хранения на неподготовленном основании обязательно обеспечение горизонтально устойчивого положения штабеля с плотным прилеганием нижнего пакета по всему периметру к данному основанию. Высота штабеля при этом не должна превышать 1-го пакета.

5. Необходимо провести визуальный контроль верхних рядов изделий в поступивших транспортных пакетах на наличие (отсутствие) дефектов внешнего вида, соответствие цвета лицевой поверхности паспортным данным. Допускается наличие раковин, сколов и иных дефектов, размеры которых не превышают требований ГОСТ 17608 к поверхности изделий

6. При приемке потребителем вибропрессованных изделий на объекте, производитель не несет ответственность за дефекты (потертости, трещины, сколы) в количестве до 3% от числа изделий (ГОСТ 17608, п.8.11).

7. Допускается запыленность верхних рядов изделий, являющаяся следствием хранения продукции на открытой площадке.

8. Допускается наличие высолов (выцветов) на поверхности изделий, как результат процесса гидратации цемента, не оказывающих влияние на эксплуатационную пригодность покрытия.

9. При использовании цветных камней/плит все камни должны соответствовать цвету, установленному проектом, и образцам, на основании которых заключается договор на производство и поставку камней. Автор проекта и заказчик должны иметь в виду реальные возможности выдерживания оттенков цветовой характеристики при производстве камней/плит, в связи с чем цвет образцов должен рассматриваться как примерный.

10. Оценка равномерности окрашивания лицевого слоя продукции со смешанными и переходными оттенками (колормикс) не проводится ввиду того, что равномерность распределения цвета достигается при правильной укладке плит и камней мощения (п.10.4 ГОСТ 17608).

11. При входном контроле партии продукции на объекте следует выборочно осуществлять проверку геометрических размеров (в частности, толщины изделия). Значения предельных отклонений геометрических параметров камней/плит приведены в п. 4.5.1 ГОСТ 17608-2017.

Для определения толщины изделия необходимо с транспортного пакета отобрать в произвольном порядке не менее 10 изделий и линейкой с ценой деления 1 мм или штангенциркулем провести измерения.

Если более трех единичных значений толщины будут превышать предельные отклонения,то необходимо отобрать дополнительно 10 изделий и повторить процедуру определения толщины. В случае, если в этих дополнительно отобранных образцах более трех единичных значений толщины будут превышать предельные отклонения, то запрещается укладка изделий с пакета. В этом случае дополнительно проводится оценка геометрических размеров изделий в поступившей партии еще с двух транспортных пакетов (по десять изделий). В случае подтверждения значительного колебания толщины партия бракуется и составляется рекламация поставщику.

12. В случае возникновения претензий по качеству, отсутствия документов о качестве, нарушении целостности упаковки не следует данную продукцию использовать для мощения и необходимо обратиться к поставщику для решения спорных вопросов.

Приложение Ж
(обязательное)
Порядок отбора вибропрессованных изделий для мощения на объекте строительства для проверки качества и проведения испытаний

1. Отбор изделий для проверки качества должен производиться на объекте мощения непосредственно из поддонов (транспортных пакетов) перед укладкой.

2. Отбор изделий для проведения испытаний осуществляется при совместном участии Поставщика продукции и Заказчика с составлением акта отбора в 2-х экземплярах для каждой из участвующих сторон. Испытания изделий осуществляются при участии Поставщика (см.п.8).

3. Отбор изделий из одного и того же ряда одного и того же транспортного пакета не допускается.

4. Рекомендуется дополнительно указывать в акте отбора образцов наименование лаборатории, в которую направляются отобранные изделия для испытаний.

5. Для испытаний отбирают не менее 5 изделий классов А и Б — с каждых 150 $м^2$ камней/плит (3 точки), классов В и Г – с каждых 100 $м^2$ камней/плит (2 точки). Не допускается отбор изделий из одного и того же ряда транспортного пакета. Количество изделий должно обеспечивать проведение испытаний по всем нормируемым показателям качества, но не более 50 шт.

6. Отобранные изделия в выборке должны иметь одинаковую толщину в мм. Наличие сколов, шероховатостей, дефектов поверхностей (свыше установленных требованиями ГОСТ 13015 к нормируемой категории поверхности) на отобранных образцах не допускается.

7. Отобранные таким образом образцы необходимо передать на испытания в независимый аккредитованный испытательный центр (лабораторию).

8. Заказчик обязан заблаговременно уведомить Поставщика продукции о месте и дате проведения испытаний изделий и обеспечить возможность его присутствия при испытаниях.

Приложение З
(справочное)
Контрольный лист этапа работ: устройство покрытия из вибропрессованных изделий (камней/плит мощения)

Информация об объекте
Ежедневный отчет №_____ Дата_____ Объект_____ Захватка (площадь, расположение)_____

Изделия для мощения
Производитель_____ Маркировка_____ Паспорт качества_____ Наличие видимых повреждений: Да ☐☐Нет Выборочная проверка толщины изделий: Да ☐☐Нет Изделия соответствуют проектной документации*: Да ☐☐Нет *При необходимости дополнительно проводятся испытания изделий по СТО 46505580-001-2018 (Приложение Е)

Несущее основание для мощения
Визуальное обследование. Пустоты, трещины, неровности: Да ☐☐ Нет Высотные отметки соответствуют проекту: Да ☐☐ Нет Контроль уплотнения. Проектный эквивалентный (общий) модуль упругости на поверхности несущего слоя (из проектной документациина дорожные покрытия)*ET*:Есть ☐☐Нет. Значение*ET*_____МПа Рекомендуемый общий модуль упругости на поверхности несущего слоя* Значение*ET*_____ МПа Фактически измеренный общий модуль упругости на поверхности несущего слоя*ECTP* Прибор для измерения (ПДУ МГ-4 “Удар”, “Dynatest 3031 и т.п.)_____ Значение*ECTP*_____МПа Соответствует ли основание требованиям для мощения (*ECTP* ≥*ET)*:Да ☐☐Нет Какие меры приняты_____ *СТО 46505580-001-2018 (Приложение Д. Табл. Д1)

Устройство подстилающего слоя
Материал подстилающего слоя соответствует проектной документации*:Да ☐☐ Нет Толщина подстилающего слоя в уплотненном состоянии_____ Толщина подстилающего слоя не превышает установленные значения**:Да☐☐ Нет *Требования к материалу подстилающего слоя – п.5.2.3 СТО 46505580-001-2018; ** СТО 46505580-001-2018 (табл.13)

Укладка камней/плит
Сведения о квалификации рабочих (разряд мостовщика)_____ Контроль ровности. Рейка _____м. Среднее значение_____мм. Ширина швов_____ Окончательная посадка камней/плит. Виброплита _____Масса_____ Полиуретановый коврик на подошве виброплиты: Да☐☐ Нет Повторное заполнение швов: Да☐☐ Нет Запас на осадку покрытия в процессе эксплуатации 3-10 мм: Да☐☐ Нет Превышение уровня мощения над элементами водосборной системы 3-10 мм: Да☐☐ Нет Соблюдаются ли правила подрезки камней/плит*: Да☐☐ Нет *СТО 46505580-001-2018 (п.6.3.5)

Отметки инженерно-технического персонала
Площадь мощения, завершенная сегодня_____ Дата_____Прораб_____Руководитель строительства_____

Библиография

1. Альбом конструкций дорожных одежд и эксплуатируемых кровель с покрытием из камней/плит мощения с применением экструзионногопенополистирола ПЕНОПЛЭКС®. ООО “Пеноплэкс СПб”, 2017.
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, 1994.
3. Горбунов-Посадов М. И., Маликова Т. А. Расчет конструкций на упругом основании. М., 1973.
4. Дополнительныетехническиеусловиядоговорадлястроительстватротуаров, пешеходныхдорожекиплощадокзапределамипроезжейчасти. Исследовательскоеобществоландшафтногопроектированияистроительства (FLL). ZTV Дорожное строительство (ZTV Wegebau). 2013 г. Перевод ЗАО “Квик-микс” (www.quickmix.ru).
5. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд (взамен ВСН 197-91), утв. расп. Минтранса России № ОС-1066-р от 03.12.2003).
6. МОДН 2-2001 Проектирование нежестких дорожных одежд.
7. Мощение с применением растворов на основе вяжущих. Методическое пособие. ЗАО “Квик-микс”, 2015 г. (www.quickmix.ru).
8. Мощение с применением растворов на основе вяжущих tubag-трасс. Примеры элементов благоустройства. Конструкции дорожных одежд. АО «Квик-микс», 2018 (www.quickmix.ru).
9. Мощение территорий с особо высокими нагрузками на дорожное покрытие. Порты. Контейнерные терминалы. Складские площади. Аэродромы. АПВИ, 2016.
10. Нефедов В. А. Городской ландшафтный дизайн. Учеб пособие - СПб.: “Любавич”, 2012.
11. ОДН 218.046-2001 Проектирование нежестких дорожных одежд [Текст]: Утв. и введ. в действие Распоряжением Государственной службы дорожного хозяйства (Росавтодора) Министерства транспорта Российской Федерации от 20.12.00 № ОС-35-Р. – М.: Информавтодор, 2001
12. ПНСТ 265-2018“Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд"
13. Профессиональный стандарт “Мостовщик” (Приказ Минтруда РФ от 22.12.2014 г № 1096н).
14. РМД 32-18-2016 Рекомендации по применению мощения при устройстве покрытий территорий жилой и общественно-деловой застройки. Комитет по строительству Санкт-Петербурга, 2016.
15. Руководство по конструкциям, технологии устройства и требованиям к дорожным покрытиям из искусственных камней в Санкт-Петербурге. Мэрия СПб, 1996.
16. Справочник дорожного мастера. Строительство, эксплуатация и ремонт автомобильных дорог [Текст]: Учебно-практическое пособие / С.Г. Цупиков, А.Д. Гриценко, А.М. Борцов и др. – М.: Инфра-Инженерия, 2005.
17. СТО 93688437-001-2015 Растворы на основе вяжущих tubag. Технические требования.
18. 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.
19. Хархута Н. Я. Машины для уплотнения грунтов. Л., «Машиностроение», 1973.
20. 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).
21. 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).
22. McCormackT. Driveways, paths and patios. A complete guide to design, management and constructions. The crowood press, 2011 г.
23. Pflaster Atlas (Атлас мостовой). Planung, Konstruktion und Herstellung. Prof. Dr.-Ing. HorstMentlein. Berlin, 2009.
24. Wilson H-R., Hanek J., Kuhn T-E. Solar Reflectance Index (SRI) – Background and Spectrometric Determination. Fraunhofer - Institutfür 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).

Президент Ассоциации «ПМБИ» **А. В. Логвинов**