

# Мощение

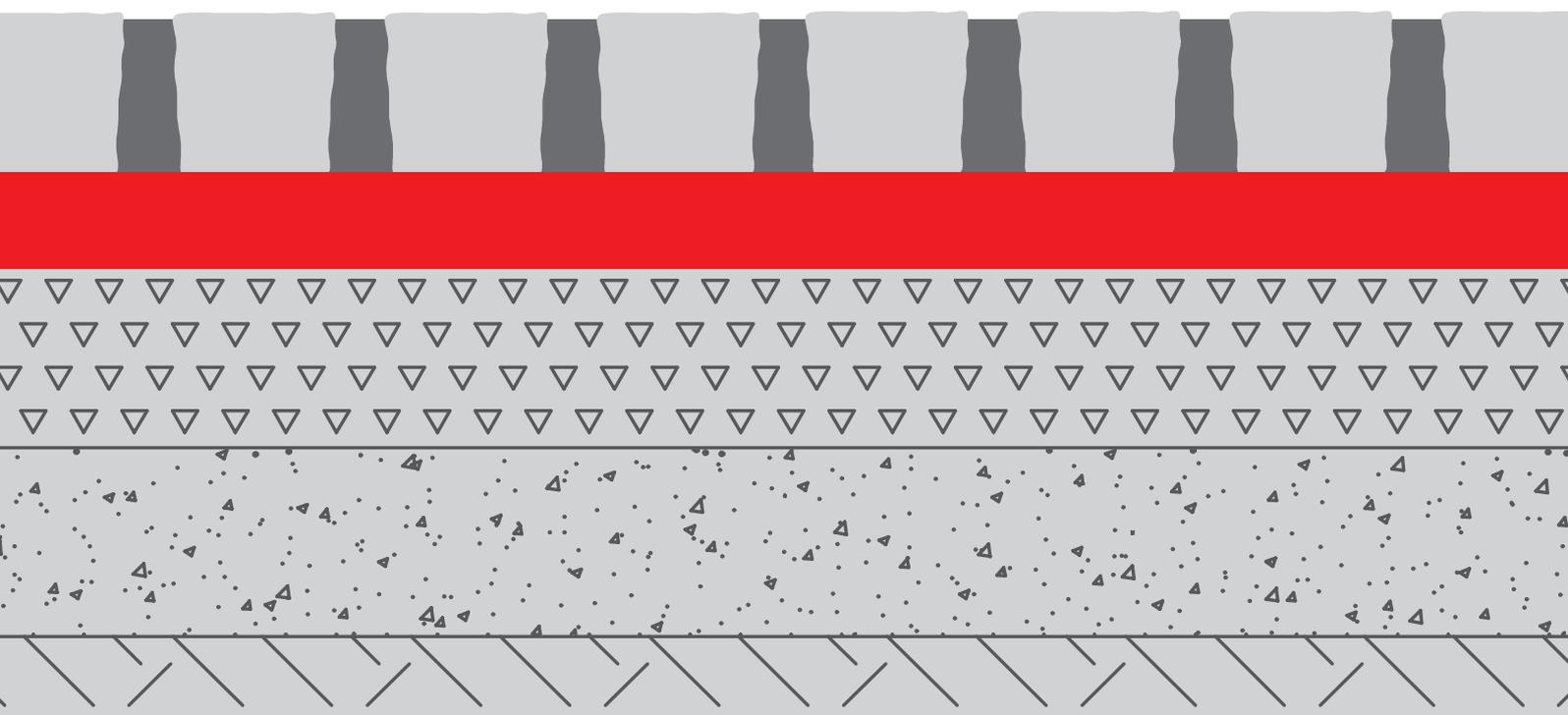
с применением растворов на основе  
вяжущих tubag-трасс

# Примеры

элементов благоустройства

# Конструкции

дорожных одежд



АО «Зиверт Рус»  
www.tubag.ru, www.тубар.рф  
Тел. 8 (495) 783-96-64.  
E.mail:moscow@sievert-rus.ru.

Настоящий документ запрещается полностью или частично воспроизводить, тиражировать и распространять без разрешения АО «Зиверт Рус».

© АО «Зиверт Рус», 2021

# Предисловие

Альбом разработан АО «Зиверт Рус» с целью демонстрации и расширения возможностей применения растворов на основе вяжущих tubag при благоустройстве городских и частных территорий.

Растворы на основе вяжущих tubag для мощения производятся на предприятии АО «Зиверт Рус» - дочерней компанией международной группы производителей строительных материалов Sievert. Производство расположено в Московской области в г. Ногинск на территории «Ногинск-технопарк».

Начиная с 2011 года, реализованы целый ряд объектов благоустройства с применением растворов на основе вяжущих tubag.

Информация о выполненных объектах представлена в пособии «Мощение с применением растворов на основе вяжущих» и на сайте компании: [www.tubag.ru](http://www.tubag.ru), [www.тубаг.рф](http://www.тубаг.рф).

Контакт:

АО «Зиверт Рус»,

Тел. 8 (495) 783-96-64.

E.mail:[moscow@sievert-rus.ru](mailto:moscow@sievert-rus.ru).

# Содержание

Введение .....	5
<b>1 Общая часть .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1 Термины и определения .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2 Особенности мощения с применением растворов tubag .....</b>	<b>7</b>
1.2.1 Категории использования дорожного покрытия.....	7
1.2.2 Раскладка и толщина элементов мощения.....	7
1.2.3 Температурные и деформационные швы .....	7
1.2.4 Применение растворов tubag с различными изделиями и материалами.....	12
1.2.5 Закрепление краевых участков мощения .....	15
1.2.6 Дренаж .....	17
<b>2 Элементы благоустройства .....</b>	<b>18</b>
2.1 Проезжая часть.....	18
2.2 Остановочные карманы .....	20
2.3 Вытянутые неровности. Приподнятые пешеходные переходы и перекрестки. ....	22
2.4 Улицы совмещенного движения пешеходов и автомобилей. ....	24
2.5 Тротуары. Площади.....	26
2.6 Въезды-выезды, понижения.....	28
2.7 Водные компоненты.....	32
2.8 Оформление зон растительности .....	34
2.9 Водосборные каналы .....	36
2.10 Отмостки .....	38
2.11 Лестницы .....	40
<b>3 Конструкции дорожных одежд .....</b>	<b>42</b>
<b>3.1 Особенности расчета .....</b>	<b>42</b>
<b>3.2 Муниципальные и коммерческие объекты .....</b>	<b>45</b>
3.2.1 Конструкции класса N1 .....	45
3.2.2 Конструкции класса N2 .....	45
3.2.3 Конструкция класса N3 .....	46
<b>3.3 Индивидуальные частные объекты.....</b>	<b>48</b>
3.3.1 Конструкции класса N1 .....	48
3.3.2 Конструкции класса N2 .....	49
3.3.3 Конструкция класса N3 .....	51
<b>3.4 Автомобильные дороги .....</b>	<b>53</b>
<b>4 Литература .....</b>	<b>55</b>
<b>Приложение 1</b> Примеры расчетов.....	<b>56</b>
<b>Приложение 2</b> Уточнение толщины подстилающего слоя в зависимости от марки растворов и вида.....	<b>66</b>
<b>Информация о разработчиках .....</b>	<b>76</b>

# Введение

В Альбоме рассматриваются элементы благоустройства с применением мощения, где целесообразно по соображениям улучшения эксплуатационных и эстетических характеристик использовать растворы на основе вяжущих tubag. Для каждого элемента благоустройства предлагается соответствующая конструкция дорожной одежды.

Дорожные покрытия из камней/плит мощения, выполненные с применением растворов tubag являются связанными. Элементы мощения в них жестко связаны между собой посредством материалов подстилающего слоя и заполнения швов. Поэтому, предлагаемые в альбоме решения не могут быть использованы для стандартных (несвязанных) покрытий.

Альбом состоит из трех основных разделов.

В первом разделе “Общая часть” приведены краткие сведения по особенностям мощения с использованием растворов tubag.

Во втором разделе “Элементы благоустройства” приводятся примеры элементов благоустройства с применением мощения, где предлагается использовать растворы tubag.

В третьем разделе “Конструкции дорожных одежд” приведены конструкции дорожных одежд с привяз-

кой к элементам благоустройства.

При использовании альбома рекомендуется первоначально найти интересующий элемент благоустройства (раздел 2), а затем определить соответствующую элементу благоустройству конструкцию (раздел 3).

Альбом разработан на основе практического опыта применения растворов tubag. Тем не менее, предложенные в альбоме решения не могут быть просто скопированы. Решение по выбору той или иной конструкции должно приниматься с учетом особенностей объекта (фактические данные по интенсивности и составу движения, грунтовые условия), опыта проектирования строительства аналогичных конструкций.

Альбом рекомендуется использовать совместно с пособием “Мощение с применением растворов на основе вяжущих” (АО “Квик-микс”, 2015 г), где изложен более детальный опыт проектирования и строительства дорожных покрытий с использованием растворов tubag.

Описание растворов tubag для мощения приводится на официальном сайте АО “Зиверт Рус”: [www.tubag.ru](http://www.tubag.ru), [www.тубаг.рф](http://www.тубаг.рф).

# 1. Общая часть

## 1.1 Термины и определения

**ЭЛЕМЕНТЫ БЛАГОУСТРОЙСТВА** – 1) Планировочное устройство, в том числе проезжая часть, велосипедная дорожка, сопряжения поверхностей (отмостка, бортовой камень, пандус, лестница, пешеходный мостик), пешеходные коммуникации (тротуар, аллея, дорожка, тропинка). 2) Покрытия, включая грунтовое покрытие, газонное покрытие, асфальтовое покрытие, мощение, полимерное покрытие, щебеночное покрытие, песчано-гравийное покрытие, плиточное покрытие.

**МОЩЕНИЕ** – обязательная составная часть внешнего благоустройства территорий. В понятие мощения входит:

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

**ДОРОЖНАЯ ОДЕЖДА С ПОКРЫТИЕМ ИЗ ПЛИТ/КАМНЕЙ МОЩЕНИЯ** – многослойная конструкция, воспринимающая внешнюю нагрузку и передающая ее на подстилающий грунт. Дорожная одежда состоит из покрытия, выполненного из камней мощения (плит), несущего и (при необходимости) дополнительного слоя основания, а также грунта земляного полотна.

**ОСНОВАНИЕ** – часть конструкции дорожной одежды, расположенная под покрытием и обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение напряжений в конструкции и снижение их величины в грунте рабочего слоя земляного полотна (подстилающем грунте), а также морозоустойчивость и осушение конструкции. Следует различать несущую часть основания (несущее основание) и его дополнительные слои [СП 34.13330.2012].

Несущее основание обеспечивает совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на расположенные ниже дополнительные слои осно-

вания 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.).

**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 камнями/плитами и подстилающий слой, выполненные с использованием растворов tubag.

**РАСТВОРЫ НА ОСНОВЕ ВЯЖУЩИХ tubag** – растворы, изготавливаемые на цементном, трассовом и смешанном вяжущем, предназначенные для устройства дорожных покрытий с использованием элементов мощения внутри и снаружи зданий и сооружений, садово-парковых территорий, а также заполнения водопроницаемых и водонепроницаемых швов шириной до 50 мм между элементами мощения. Растворы производятся АО “Квик-микс” по СТО 93688437-001-2015 “Смеси сухие строительные для мощения tubag. Технические условия”. Растворы образуют систему мощения tubag для устройства подстилающего слоя и заполнения швов.

**ДРЕНИРУЮЩИЙ (ДРЕНАЖНЫЙ) БЕТОН (РАСТВОР)** – крупно- или среднезернистый бетон (раствор), хорошо пропускающий воду и не поддающийся разрушению под влиянием температуры, воды и замораживания.

## 1.2 Особенности применения растворов tubag в проектах мощения

### 1.2.1 Категории использования дорожного покрытия

Категории дорожных покрытий по стандарту ZTV Wegebau «Дополнительные технические условия договора для строительства тротуаров, пешеходных дорожек и площадок за пределами проезжей части» [9].

Таблица 1.1 - Категории использования покрытий

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

### 1.2.2 Раскладка и толщина элементов мощения

В случае использования растворов tubag раскладка камней/плит не влияет на прочность и эксплуатационные показатели дорожной одежды. Поэтому, могут быть использованы различные варианты раскладок – со смещением элементов относительно друг-друга или с образованием сквозных швов.

В обоснованных случаях, за счет применения под-

стилающего слоя из трассового дренажного раствора, может быть уменьшена толщина (высота) изделий для мощения.

Требования к изделиям для мощения – см. раздел 1.2.4 “Применение растворов tubag с различными материалами и изделиями для мощения”.

### 1.2.3 Температурные и деформационные швы

В мощеных дорожных покрытиях, выполненных с применением растворов на основе вяжущих, в зависимости от их конструктивных особенностей, могут предусматриваться температурные и деформационные швы (табл.1.2).

Рекомендации по устройству швов содержатся в пособии “Мощение с применением растворов на основе вяжущих” (АО “Квик-микс”, 2015 г).

Деформационные швы обязательно выполняются над швами в несущей конструкции и основании. Температурные швы должны быть расположены около выступающих встроенных элементов, таких

как бордюры, фасады, стены из каменной кладки, и прочих конструкций, ограничивающих покрытие по краю. Если в покрытии имеется сужение (например, сужение дороги или наличие встроенного элемента), то в самом узком месте должен быть расположен деформационный шов.

Примеры оформления деформационных и температурных швов показаны на рис. 1.1.

Варианты размещения деформационных и температурных швов на дорожном покрытии, выполненном с применением растворов на основе вяжущих показаны на рис. 1.2.

Таблица 1.2. Швы в дорожных покрытиях из камней и плит мощения связанной конструкции

Температурные швы	Деформационные швы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Нет вертикальных перемещений</li> <li>• Возможны небольшие изменения ширины шва</li> <li>• Не требуется обеспечить водонепроницаемость шва</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Вертикальные перемещения</li> <li>• Возможны изменения ширины шва</li> <li>• Могут быть водопроницаемые или водонепроницаемые</li> </ul>
Конструкции подбираются исходя из: <ul style="list-style-type: none"> <li>• способов монтажа</li> <li>• высоты примыкающих элементов мощения</li> </ul>	Конструкции подбираются исходя из: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Способа монтажа</li> <li>• Величины вертикальных перемещений</li> <li>• Величины горизонтальных перемещений</li> <li>• Высоты примыкающей плитки</li> <li>• Интенсивности нагрузок</li> <li>• Агрессивности воздействий</li> </ul>

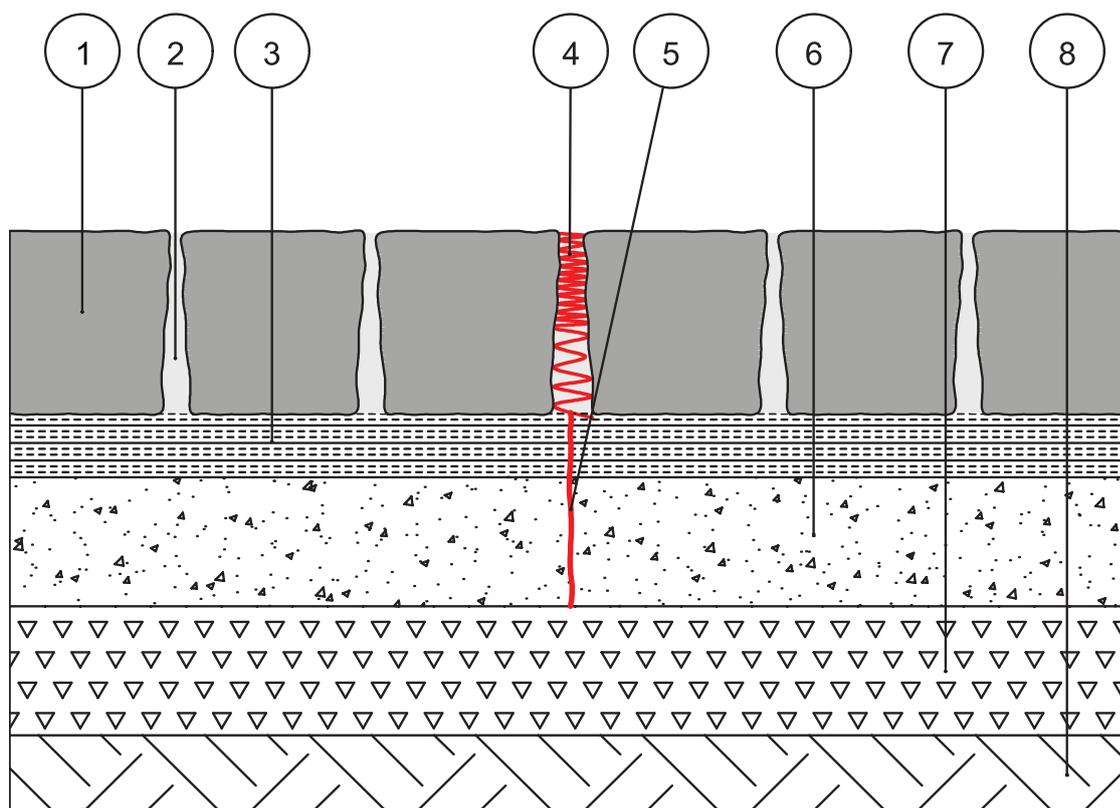
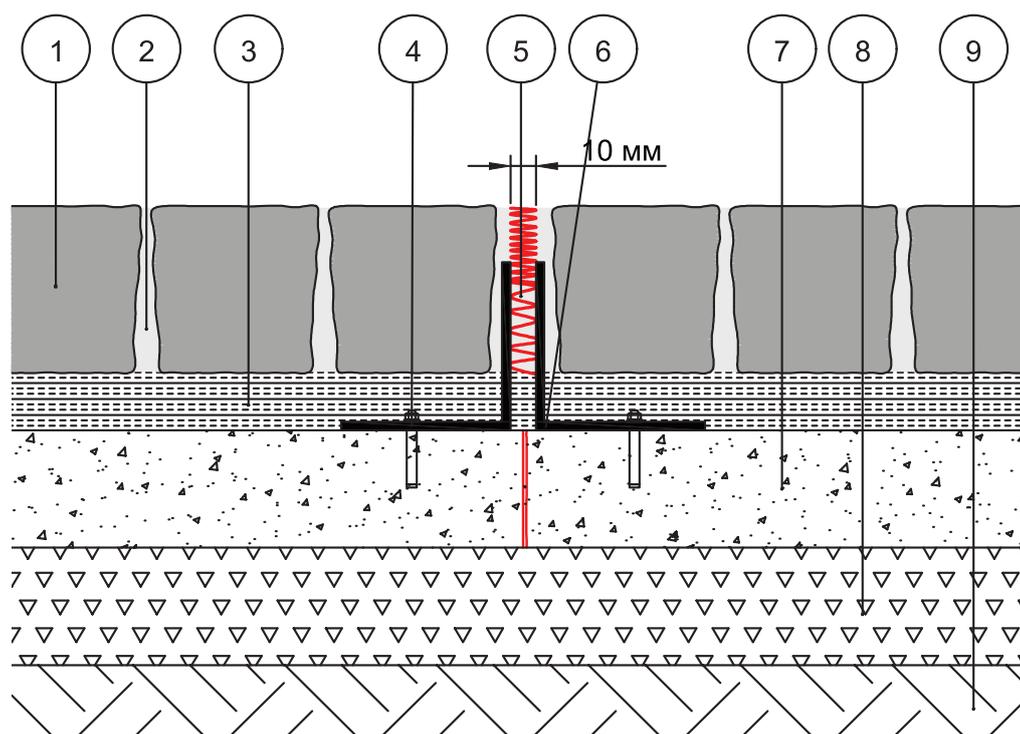


Рис. 1.1 (а). Деформационный шов без укрепления прилегающего мощения (для категории использования N1, N2):

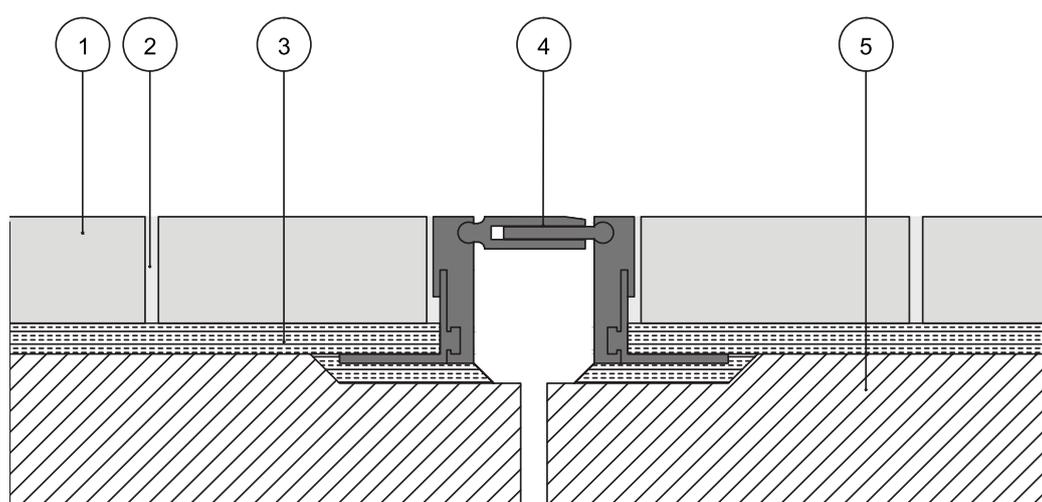
1- камни/плиты мощения; 2-заполнение швов водопроницаемыми или водонепроницаемыми растворами tubag; 3- трассовый дренажный раствор TDM ; 4- эластичное заполнение шва (например, полиуретановым герметиком с деформативностью 25-30% ); 5- заданное место разрыва при дренажном бетонном несущем слое; 6 – трассовый дренажный бетон (например, ТРМ-D4); 7- несущий слой без использования вяжущего (например, щебень фр. 20-40, с расклиновкой); 8-земляное полотно.





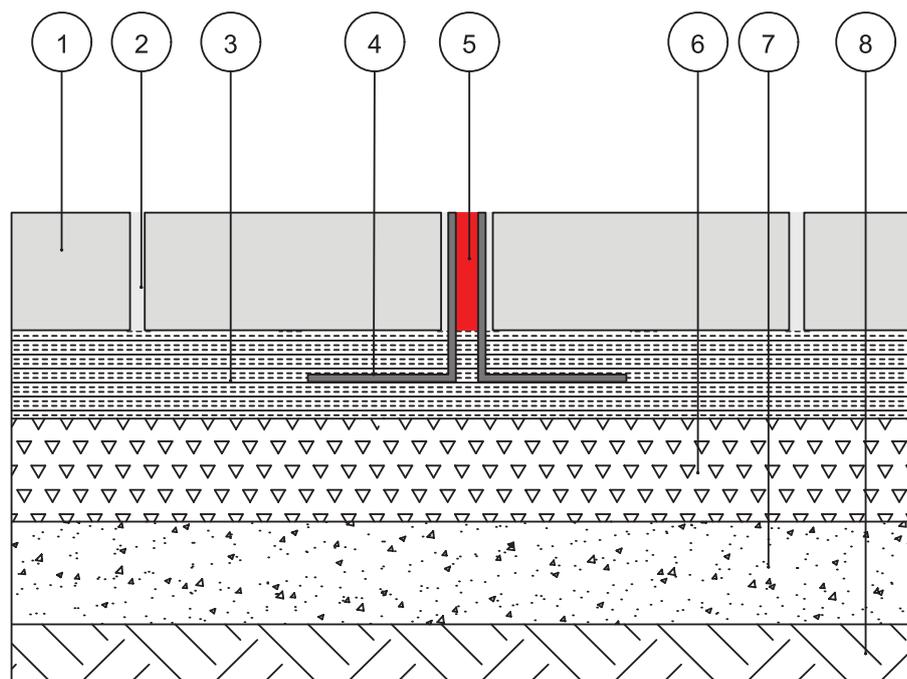
**Рис. 1.1 (б). Деформационный шов с закреплением прилегающего мощения  
(для категории использования N2, N3):**

1-камни/плиты мощения; 2-заполнение швов растворами tubag; 3- трассовый дренажный раствор TDM ; 4-крепление металлического уголка (2-3 дюбеля на каждый пог. м.); 5- эластичное заполнение шва (например, полиуретановым герметиком с деформативностью 25-30%); 6- стальной угольник с защитой от коррозии, 7– трассовый дренажный бетон (например, ТРМ-D4); 8- несущий слой без использования вяжущего (например, щебень фр. 20-40, с расклинцовкой); 9-земляное полотно.



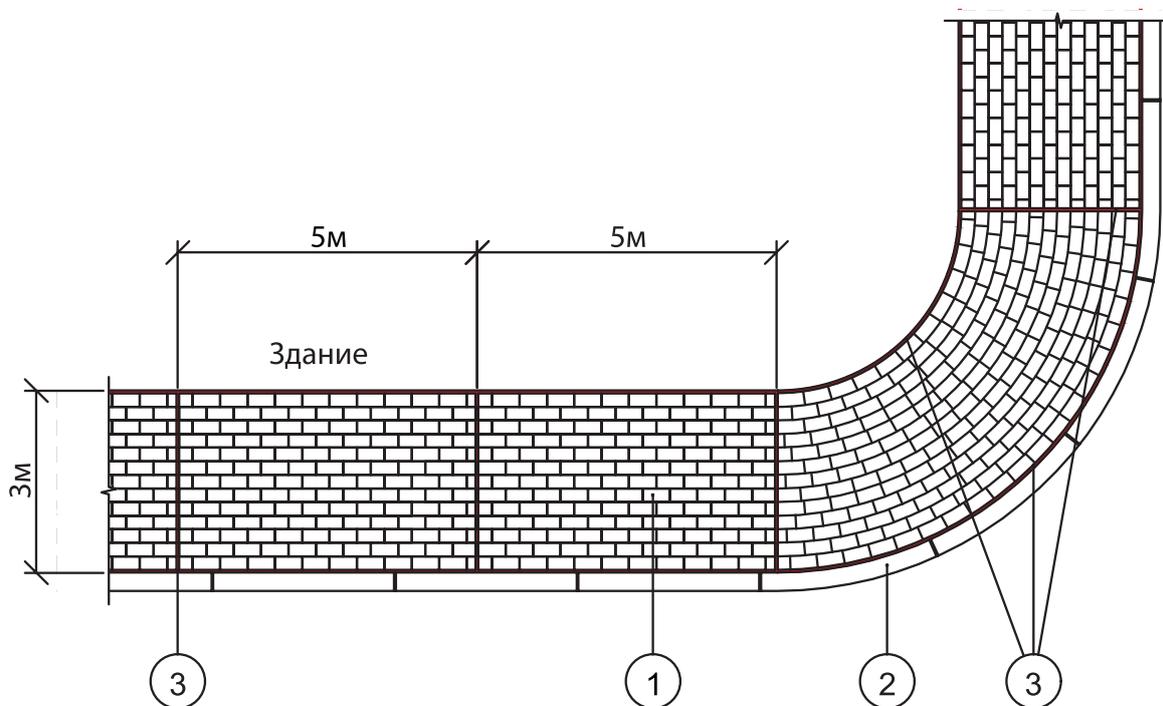
**Рис. 1.1 (в). Деформационный шов со специальным профилем:**

1- камни/плиты мощения; 2-заполнение швов водонепроницаемыми растворами tubag; 3-подстилающий слой из трассового дренажного раствора TDM; 4- конструкция для оформления деформационных швов DEFLEX®426/ALR; 5- бетонное основание.



**Рис. 1.1 (г). Температурный шов со специальным профилем (для категории использования N1, N2 и N3):**

1 - камни/плиты мощения; 2-заполнение швов водонепроницаемыми или водопроницаемыми растворами tubag; 3-подстилающий слой из трассового дренажного раствора TDM; 4- конструкция для оформления швов DEFLEX®426/ALR; 5- эластичный материал конструкции DEFLEX®426/ALR; 6- несущий слой без использования вяжущего (например, щебень фр. 20-40, с расклинцовкой); 7 – дополнительный слой основания из песка; 8-земляное полотно.



**Рис. 1.2 (а). Пример расположения температурных швов в дорожном покрытии тротуара из камней мощения, выполненного с применением растворов на основе вяжущих tubag:**

1–мощение из гранитных камней размерами в плане 100x200 мм; 2-бортовые камни; 3-температурные швы (пример см. рис.1.1)

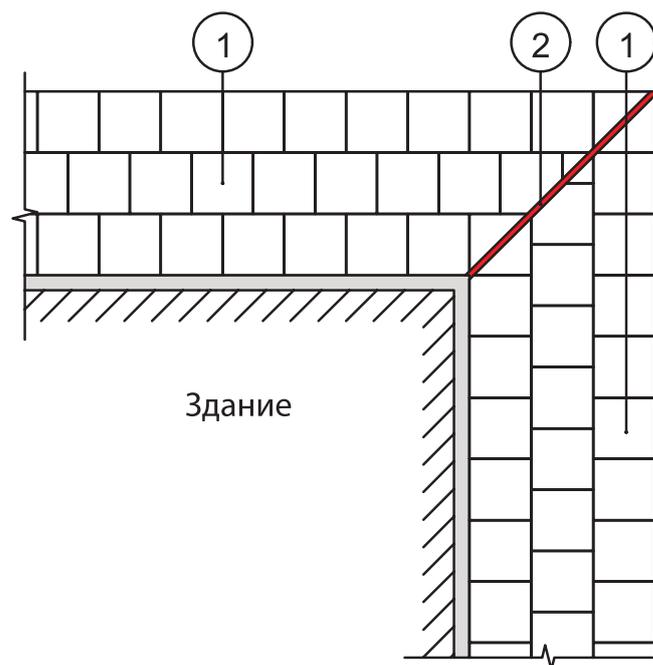


Рис 1.2 (б). Пример расположения температурного шва при мощении отмостки:  
1-мощение; 2- температурный шов

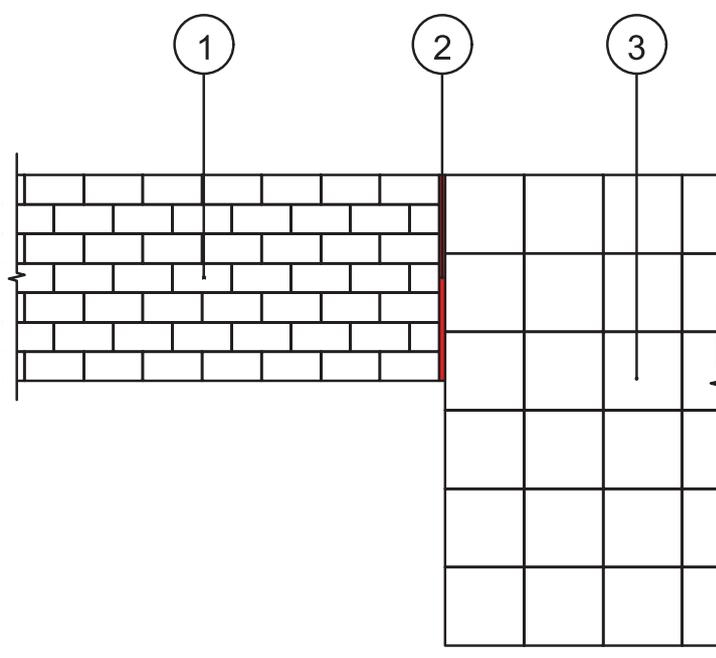


Рис. 1.2 (в) Пример расположения температурных швов при примыкании широкого и узкого участков мощения:  
1-мощение узкого участка; 2-температурный шов, 3-широкий участок мощения

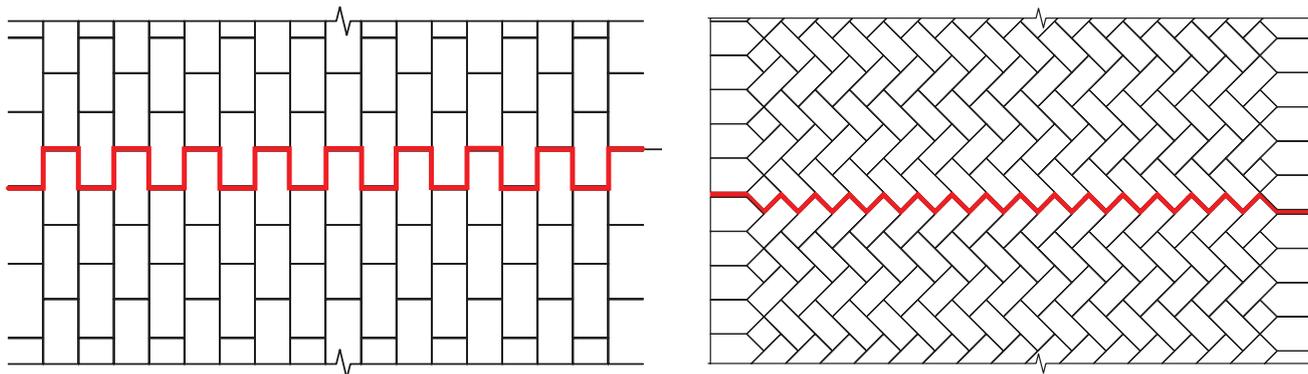


Рис.1.2 (г). Примеры возможного выполнения температурных швов с использованием полиуретанового герметика с деформативностью 25-30%

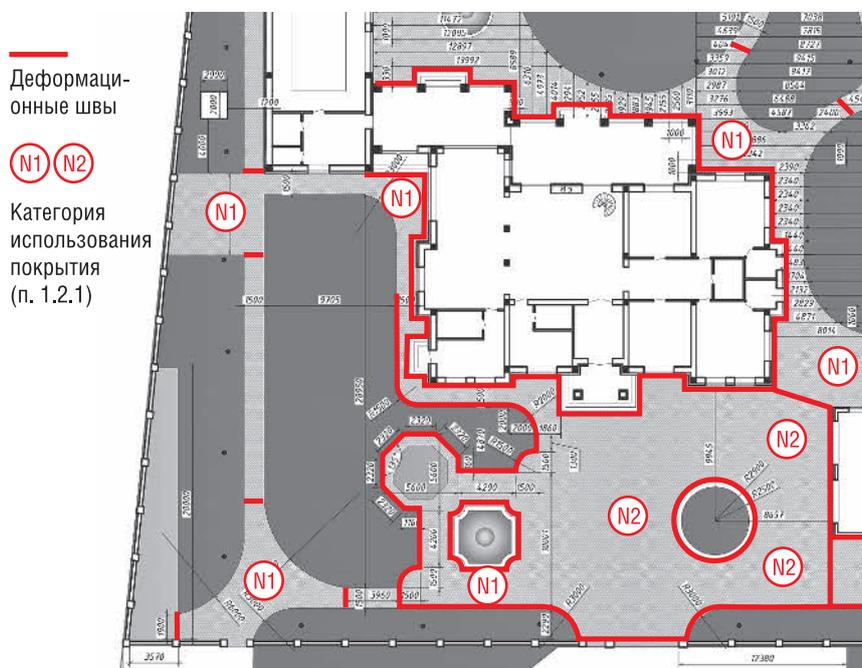


Рис 1.2 (д). Пример расположения температурных и деформационных швов при мощении территории индивидуального частного участка

## 1.2.4 Применение растворов tubag с различными изделиями и материалами для мощения

Растворы на основе вяжущих могут использоваться для устройства дорожных покрытий из природных материалов (гранита, базальта, диабазы, песчаника, кварцита, известняка, мрамора и сланца), булыжника, клинкера и бетонных вибропрессованных камней и плит.

Плиты и камни из природных каменных материалов

должны соответствовать ГОСТ 32018-2012 “Изделия дорожно-строительные из природного камня” или стандартам предприятия-изготовителя.

Булыжный камень представляет собой окатанные водой или ледниками обломки горных пород и имеет овальную форму.

Клинкерный кирпич (клинкер) для мощения должен соответствовать ГОСТ 32311-2012 “Кирпич керамический клинкерный для мощения” или стандарту предприятия – изготовителя. Керамические террасные плиты – имеют большие размеры при относительно маленькой толщине (до 2 см)

Требования к бетонным (искусственным) плитам/камням приведены в ГОСТ 17608 и стандарте Ассоциации производителей вибропрессованных изделий для строительства мощения и благоустройства СТО 58357155-001-2016 “Камни и плиты мощения бетонные вибропрессованные. Технические условия”.

Применение растворов имеет свои особенности с теми или иными материалами для мощения. Рекомендации по использованию растворов tubag с изделиями из естественных каменных материалов, клинкером, булыжником и другими, содержатся в пособии “Мощение с применением растворов на основе вяжущих” (АО “Квик-микс”, 2015 г).

Независимо от вида изделий для мощения они могут быть уложены с широкими (5 до 50 мм) или узкими швами (от 3 до 5 мм) – см. рис.1.6 - рис.1.8.

Укладка с широкими швами позволяет достичь определенный эстетический эффект за счет выделения швов, заполненных цветным раствором. Как пра-

вило, такая укладка используется на территориях с пешеходной нагрузкой. Швы могут быть заполнены водопроницаемыми растворами.

При использовании в покрытии различных изделий для мощения и вариантов укладки (рис.1.7), растворы на основе вяжущих позволяют равномернее перераспределить на основание возникающие напряжения от нагрузок на покрытие.

Растворы для заполнения швов выбираются исходя из ширины шва, действующих нагрузок и требований по водопроницаемости.

При применении растворов надо внимательно проработать рисунок мощения с учетом формы изделий и швов, так как некоторые виды изделий (например, некоторые виды клинкера и вибропрессованные камни мощения) адаптированы к шву определенного размера. Это значит, что при некоторых вариантах укладки прямолинейность линий швов может быть нарушена.

Как правило, при поворотах, закруглениях и расширениях в дорожных покрытиях могут возникать увеличенные швы между элементами мощения при их раскладке. Для заполнения возникающих в мощении швов оптимально подходят растворы на основе вяжущих tubag (рис.1.9-1.11).

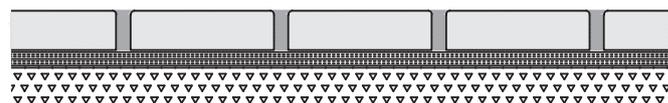


Рис. 1.6. Укладка камней с узкими швами (3-5 мм).

Рис.1.7. Укладка камней с широкими швами (от 5 мм).

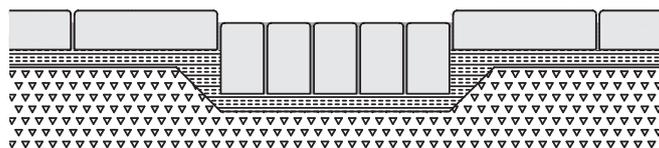


Рис.1.8. Смешанная укладка.

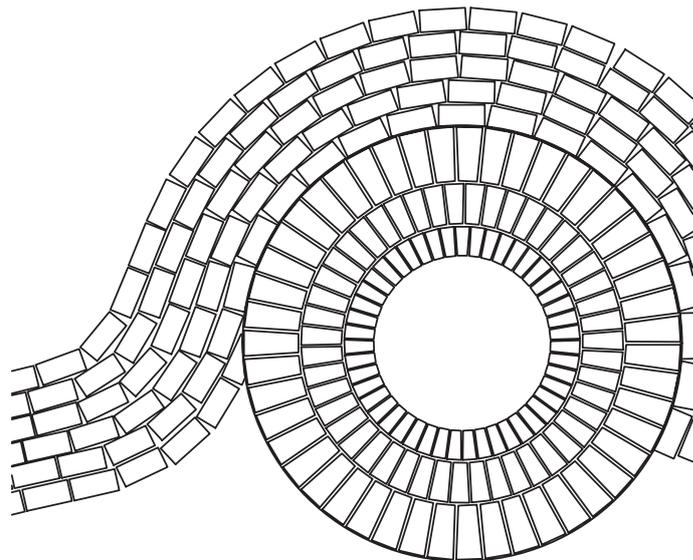
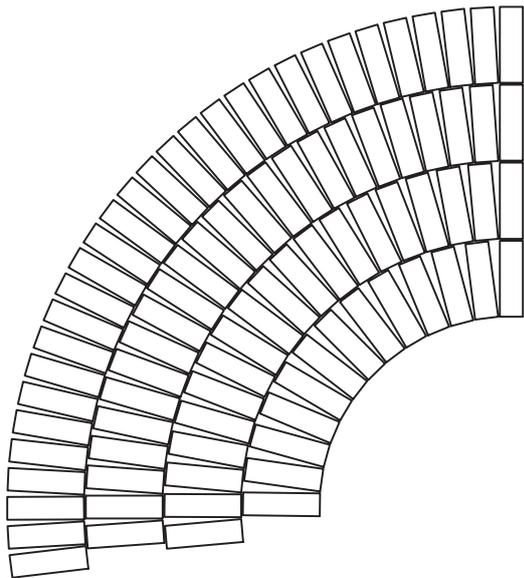


Рис. 1.9. Круг, вымощенный из клинкерной брусчатки (выложенной на ребро или из продольной клинкерной брусчатки).

Рис. 1.10. Покрытие из брусчатки, выложенное в виде кривой линии с переходом в круг (в круге клинкерная брусчатка укладывается на ребро с чередованием с клинкерной брусчаткой установленной вертикально (солдатиками)).

При веерной (радиальной) раскладке гранитной шашки (рис.1.11), в покрытии неизбежно возникают увеличенные швы (от 5 – 8 мм и более). Применение

растворов tubag в таких случаях оправдано с точки зрения повышения эксплуатационных и эстетических показателей покрытия.

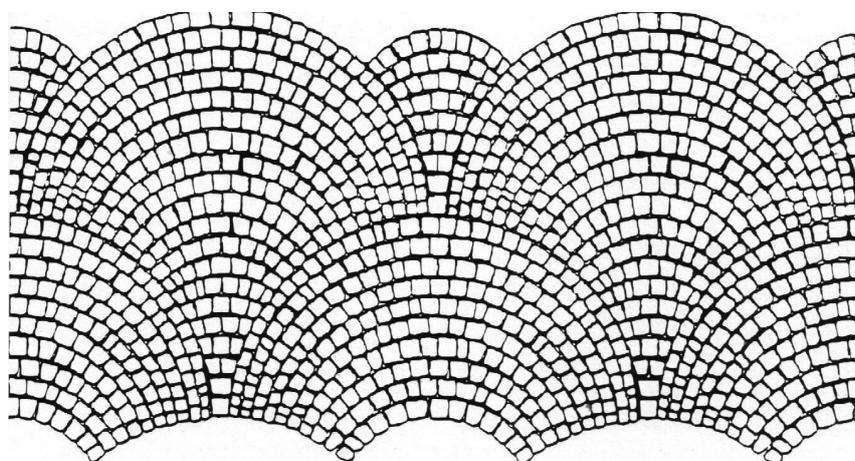


Рис. 1.11. При веерной раскладке гранитной шашки как правило возникают увеличенные швы (15-30 мм), которые негативно влияют на эксплуатационные, эстетические и санитарно-гигиенические показатели покрытия.

## 1.2.5 Закрепление краевых участков мощения

Для закрепления бортовых камней или крайних камней/плит, в зависимости от их размеров и условий строительства, могут быть использованы трассовые дренажные растворы TDM/TPM-D или TGM. Подготовка оснований изделий осуществляется согласно инструкций по применению выше указанных растворов.

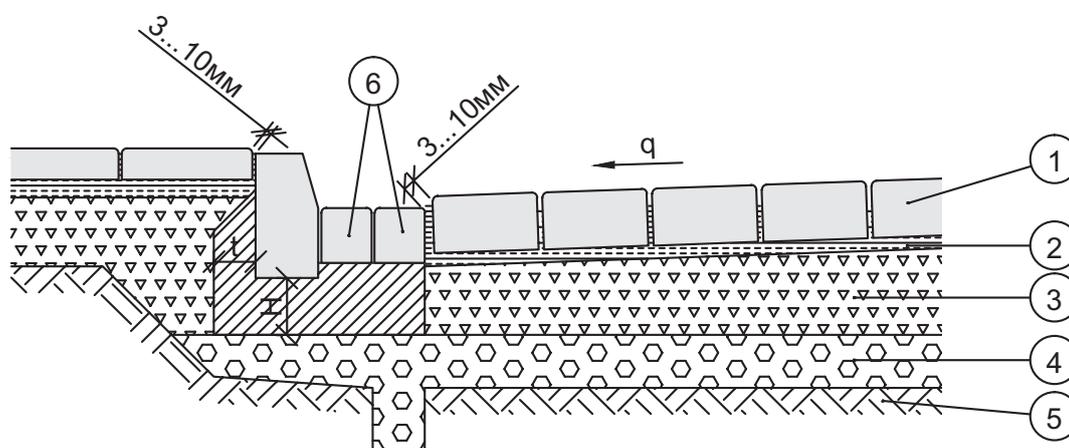
Примеры закрепления краев мощения представлены на рис. 1.12-1.14.

Требования к основанию для бортовых камней и ширине обратной опоры ( $t$  и  $H$ ) согласно ZTV Wegebau [ ] (п.3.9, табл.18) приведены в табл. 1.3.

Для случаев мощения второстепенных дорожек и площадок, края мощения могут быть закреплены с использованием растворов TDM/TPM-D или TGM без использования бортовых камней. Примеры показаны на рис. 1.15-1.17.

**Таблица 1.3 – Требования к закреплению бортовых камней в зависимости от категории использования покрытия**

Категория использования (табл.	Толщина основания (H), см	Ширина обратной опоры (t), см
N1	$\geq 8$	$\geq 8$
N2	$\geq 10$	$\geq 10$
N3	$\geq 15$	$\geq 15$



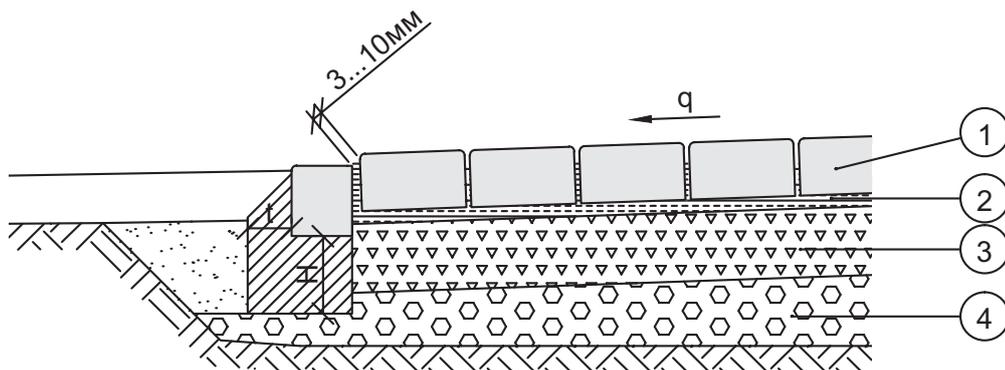
**Рис. 1.12. Пример закрепления бортового камня для категорий использования покрытия N2, N3 (табл.1.1):**

1-мощение из камней/плит с заполнением швов водонепроницаемым раствором (PFN, PFH-light) и обработкой основания элементов мощения адгезионным составом TNH-flex;

2-подстилающий слой (TDM, TPM-D); 3-несущее основание (щебень, дренажный бетон TPM-D);

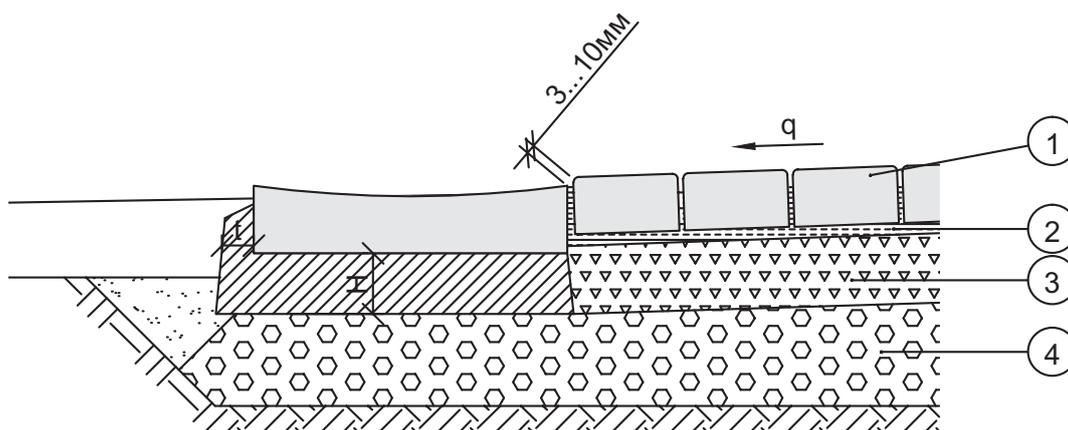
4 – дополнительный слой основания; 5 – грунт земляного полотна; 6 – мощение водосборного лотка с заполнением швов водонепроницаемыми растворами (PFN, PFH-light).

Значения  $t$  и  $h$  принимаются по табл. 1.3.



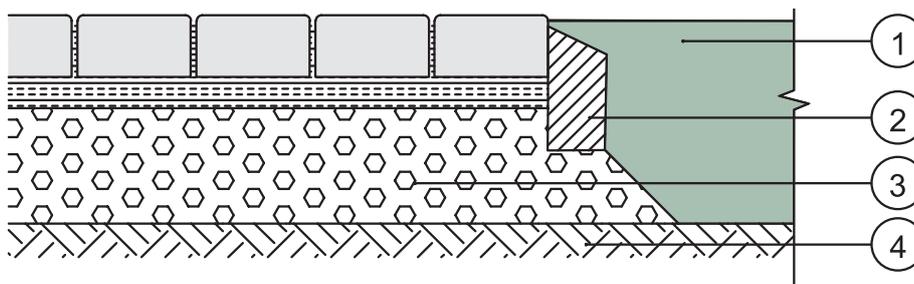
**Рис. 1.13. Пример закрепления краев мощения для категории использования покрытия N2 (табл.1.1):**

1- мощение с заполнением швов водонепроницаемым раствором PFH-light, имеющим высокую стойкость к замораживанию и оттаиванию в среде антигололедных реагентов (основание элементов мощения обрабатывается адгезионным составом TNH-flex); 2-подстилающий слой из трассового дренажного раствора TDM; 3-несущий слой из щебня; 4-дополнительный слой основания из песка. Значения  $t$  и  $h$  принимаются по табл. 1.3.



**Рис. 1.14. Пример закрепления краев мощения для категории использования покрытия N1 (табл.1.1):**

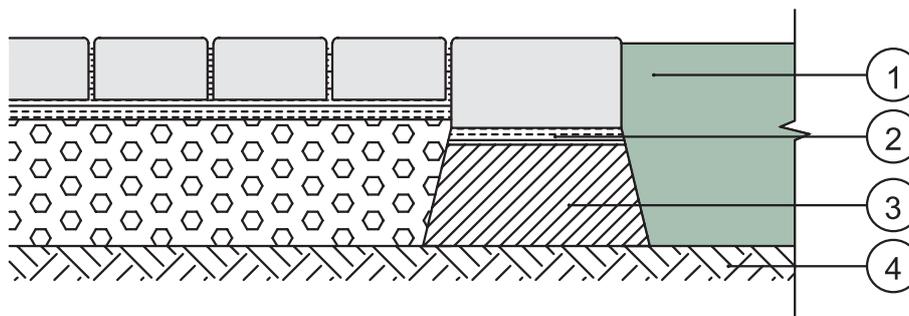
1-мощение с заполнением швов водонепроницаемым раствором (PFF, PFK, PFL 2) с обработкой основания элементов адгезионным составом TNH-flex; 2-подстилающий слой из трассового дренажного раствора TDM; 3-несущий слой основания из щебня; 4-дополнительный слой основания из песка.



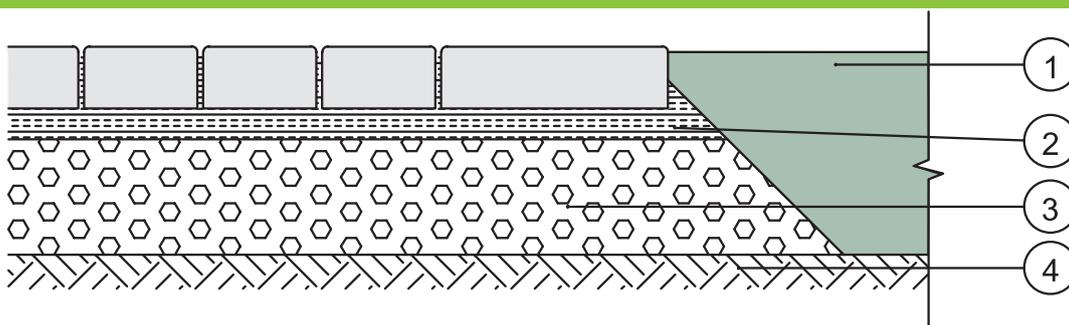
**Рис. 1.15. Пример закрепления краев мощения для второстепенных дорожек и площадок:**

1-растительный грунт; 2- бетон TDM, TPM-D или TGM; 3- несущий слой основания из щебня 4-грунт земляного полотна.





**Рис. 1.16. Пример закрепления краев мощения для второстепенных дорожек и площадок:**  
1-растительный грунт; 2-TDM, TPM-D или TGM; 3- бетонное основание; 4-грунт земляного полотна.



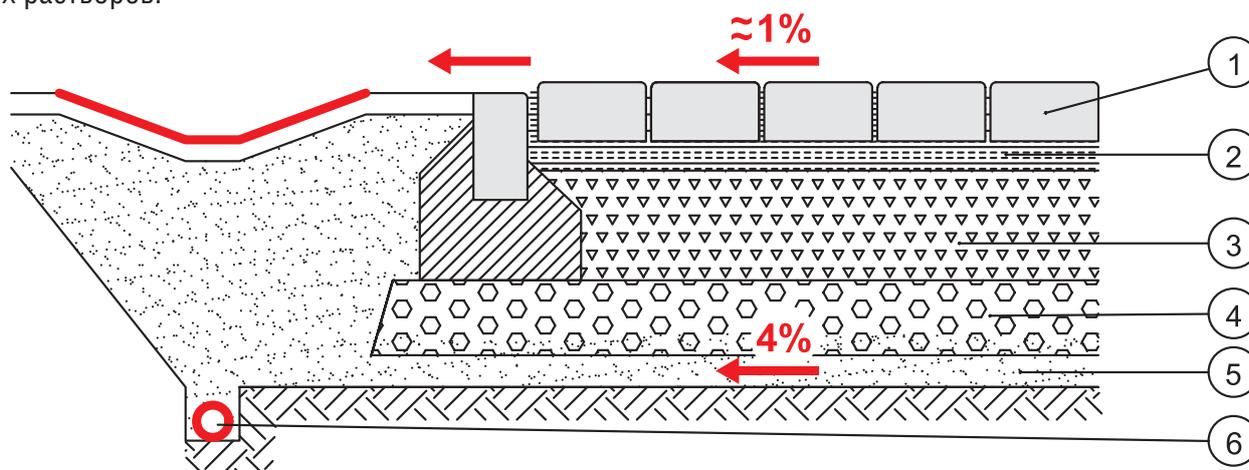
**Рис. 1.17. Пример закрепления краев мощения для второстепенных дорожек и площадок:**  
1-растительный грунт; 2- TDM, TPM-D или TGM; 3- несущий слой основания из щебня; 4-грунт земляного полотна.

### 1.2.6 Дренаж

Применение растворов на основе вяжущих в элементах конструкции покрытия и основания дорожной одежды требуют организации обязательного дренажа с целью отвода воды из слоев дорожной конструкции, выполненных с использованием дренажных растворов.

В примерах и конструкциях из разделов 2 и 3 настоящего альбома подразумевается наличие дренажной системы.

Пример организации дренажа на водонепроницаемых основаниях показан на рис. 1.18.



**Рис. 1.18. Конструкция дорожной одежды на водонепроницаемом грунтовом основании:**  
1 - покрытие из камней/плит мощения с заполнением швов водопроницаемым раствором; 2 - подстилающий слой из трассового дренажного бетона бетона или раствора; 3 - несущий слой из дренажного бетона; 4 - морозозащитный и дренирующий слой из щебня; 5 - защитный слой земляного полотна (песок), 6 - дренажный трубопровод.

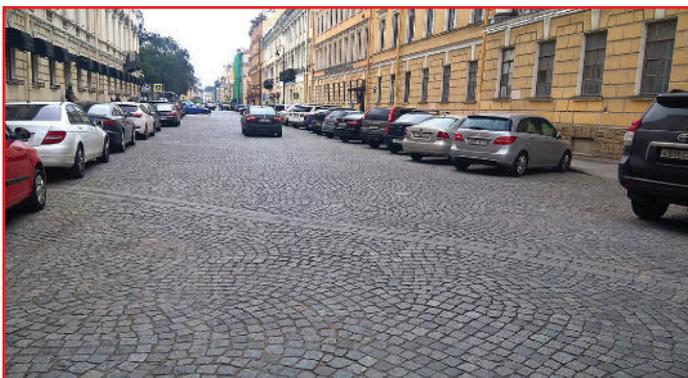
## 2. Элементы благоустройства

### 2.1. Проезжая часть улиц

#### ОПИСАНИЕ

Мощение проезжей части улиц естественными каменными материалами, как правило, применяется в центральной-исторической части городов или на объектах историко-культурного наследия. Для мо-

щения используются шашка, брусчатка и плиты из естественных каменных материалов или булыжный камень.



Проезжая часть с мощением из гранитной шашки



Дорога с уклоном. На участках дорог с уклоном швы в мощении, заполненные песком, особенно подвержены размыванию водой.

#### ПРОБЛЕМА

Повышенные нагрузки от автотранспорта (в том числе, динамические нагрузки, связанные с разгоном и торможением автотранспорта) разрушают мощение. Изделия различных форм и размеров по-разному ведут себя под воздействием нагрузки, что приводит к неравномерным деформациям покрытия. Протяженные длинные плиты могут раскалываться под нагрузкой.



Разрушение плит мощения в зоне проезжей части

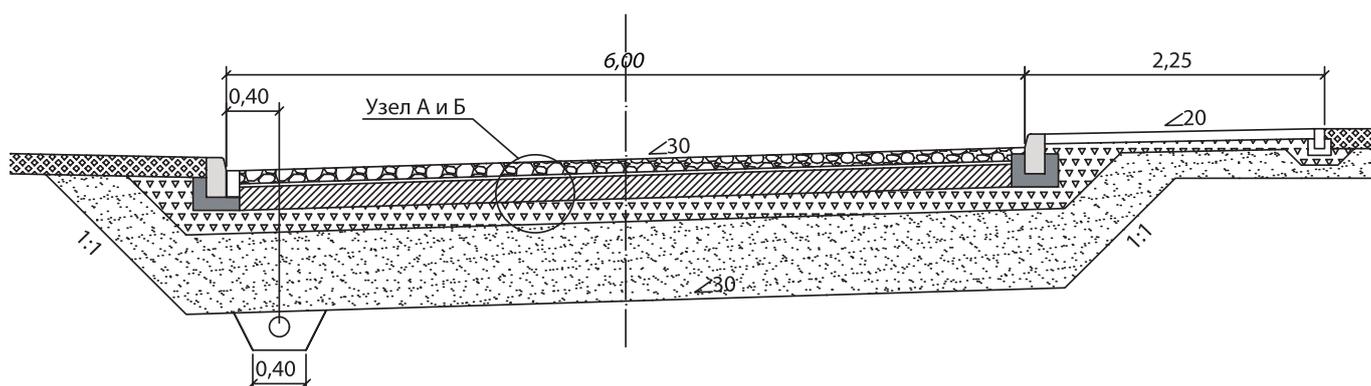


Разрушение мощения на проезжей части в зоне поворота во въезд на территорию двора

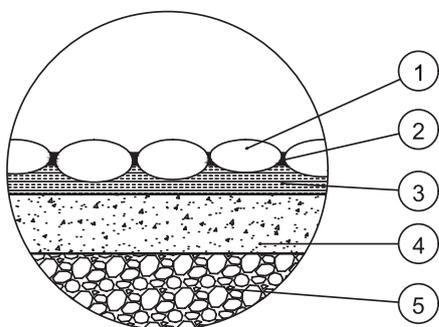
## КОНСТРУКЦИЯ

Раствор для подстилающего слоя - ТРМ-D, для фиксации – TNH-flex. При большой интенсивности движения предпочтительно использовать водонепроницаемые растворы, которые обладают большей

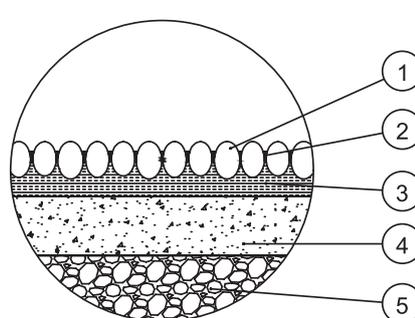
прочностью, чем водопроницаемые. Для высокой транспортной нагрузки – PFH или PFH-light. Конструкция представлена в разделе 3.4 “Автомобильные дороги” (стр.49).



Узел А



Узел Б



### Дорожная одежда с покрытием из булыжного камня для движения автотранспорта:

1-булыжный камень, 2 – растворы для заполнения швов (водопроницаемые или водонепроницаемые в зависимости от интенсивности и состава движения); 3 –подстилающий слой ТРМ-D; 4- несущий слой (щебень или дренажный бетон); 5-грунт земляного полотна.

## 2.2 Остановочные и парковочные карманы

### ОПИСАНИЕ

Одна из основных функций мощения на автомобильных дорогах, как, впрочем, и при оформлении пешеходных пространств - создание информационной (сигнальной) поверхности дорожного покрытия. Мощением на дорогах обозначаются: места остановок общественного транспорта, стоянки автомобилей, пешеходные переходы, островки безопасности, обочины и другие элементы. Таким образом, пространство зонировается не только с помощью обычной

дорожной разметки, но и путем оформления поверхности покрытия, придания ему цвета и фактуры. Это дополнительно акцентирует внимание всех участников движения на текущей дорожной обстановке. Кроме того, дорожное покрытие из камней мощения имеет швы. Это создает дополнительную вибрацию при движении автомобиля и заставляет водителя повысить внимание и ограничить скорость движения.



Остановочный карман для общественного транспорта

### ПРОБЛЕМА

В случае стандартных (несвязанных) конструкций материал заполнения швов подвергается эрозии за счет движения колес автотранспорта по покрытию. У покрытия с незаполненными швами значительно снижаются прочностные и эксплуатационные харак-

теристики. При движении транспорта в этих местах на покрытие действуют высокие сдвигающие нагрузки от режима разгона-торможения. На дорожном покрытии образуются местные неровности.



Выпадение отдельных элементов мощения из дорожного покрытия на автомобильной парковке



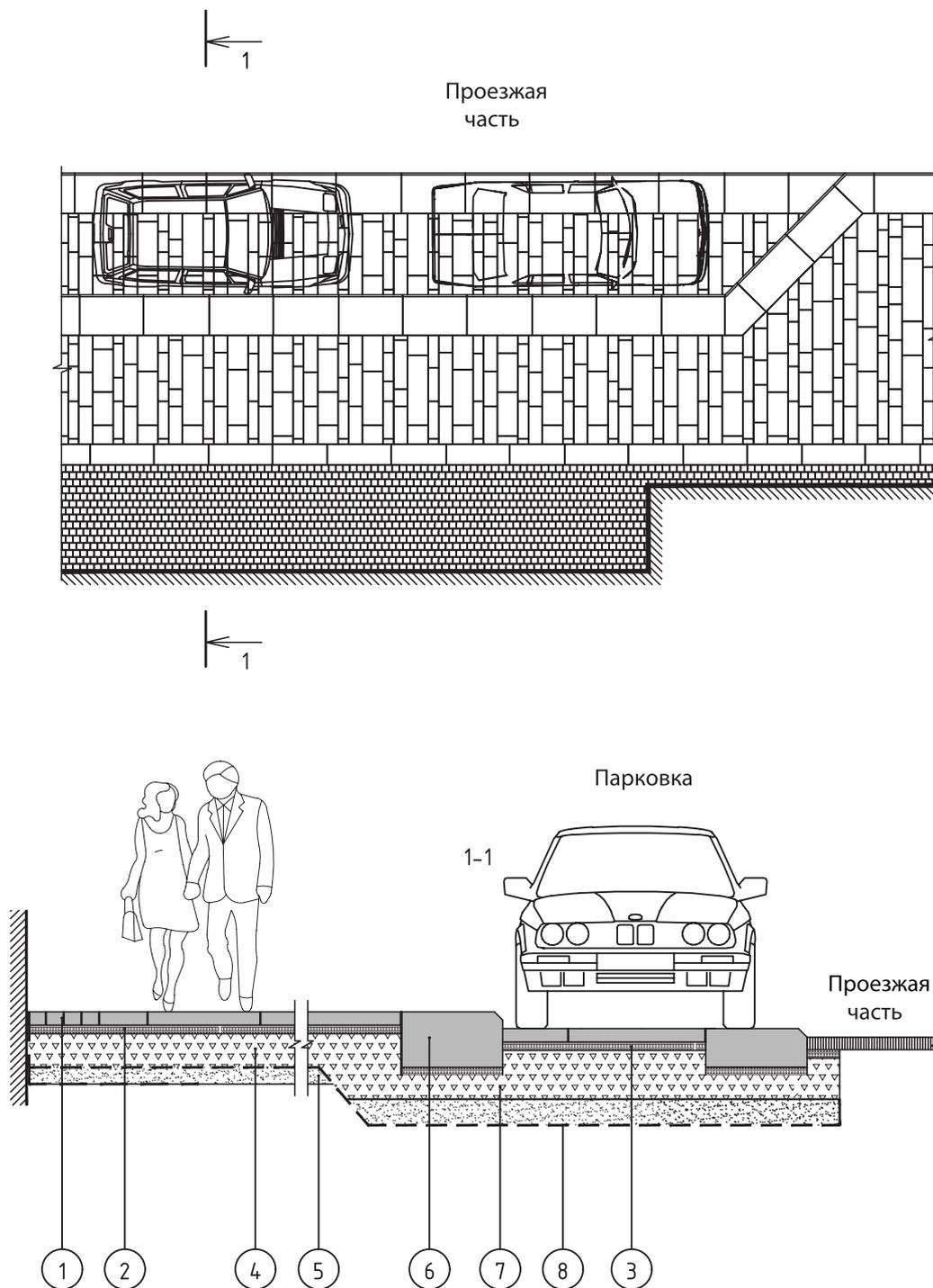
Деформация дорожного покрытия из бетонных камней на автомобильной парковке

## КОНСТРУКЦИЯ

Применение растворов tubag позволяет значительно увеличить эксплуатационные показатели покрытия в зонах остановочных и парковочных карманов. В зависимости от предполагаемых нагрузок и интенсивности движения могут быть использованы кон-

струкции класса N3 (раздел 3.2.3, стр. 42) – для парковок легковых автомобилей и грузовиков или конструкции, разработанные для автомобильных дорог, для случаев мощения остановочных карманов общественного транспорта (раздел.3.4, стр. 49).

## ПРИМЕР



### Пример мощения парковочных карманов, совмещенных с проезжей частью:

1-мощение; 2 –подстилающий слой из трассового дренажного раствора TDM в зоне тротуара; 3- подстилающий слой из трассового дренажного раствора TPM-D; 4- несущее основание из щебня; 5-дополнительный слой основания из песка; 6- специальный бортовой камень; 7- подстилающий слой из трассового дренажного раствора TDM; 8 – земляное полотно.

## 2.3 Вытянутые неровности.

### Приподнятые пешеходные перекрестки и переходы

#### ОПИСАНИЕ

Вытянутые неровности – служат для успокоения движения, снижая скорость подъема целиком колесной базы транспортных средств. Вытянутые неровности длиннее лежачих полицейских и имеют трапецевидный профиль. Их высота составляет 9 см, а длина равна 6,7 м. Скорость движения по улицам с вытянутыми неровностями находится в диапазоне от 40 до 70 км/ч – в зависимости от расстояния между неровностями. Вытянутые неровности не рекомендуется использовать на магистральных улицах микрорайонов, а также на улицах с движением марш-

рутного транспорта и экстренных служб. Вытянутые неровности, как правило, совмещаются с приподнятыми пешеходными переходами, которые обозначают приоритет движения пешеходов

Приподнятые перекрестки обеспечивают безопасный неспешный проезд дороги и создают общественное пространство на пересечении второстепенных улиц. Подобно искусственным неровностям, эти элементы заставляют водителей тормозить и уступать пешеходам на переходе.



Приподнятый пешеходный переход, совмещённый с вытянутой неровностью при въезде на территорию жилой застройки

#### ПРОБЛЕМА

Повышенные динамические нагрузки (режим разгон-торможение), сдвигающие нагрузки (поворот колеса автомобиля), которые могут привести к обра-

зованию колейности, местных деформаций и сдвигу элементов мощения.



Разрушение дорожного покрытия в зоне приподнятого пешеходного перехода

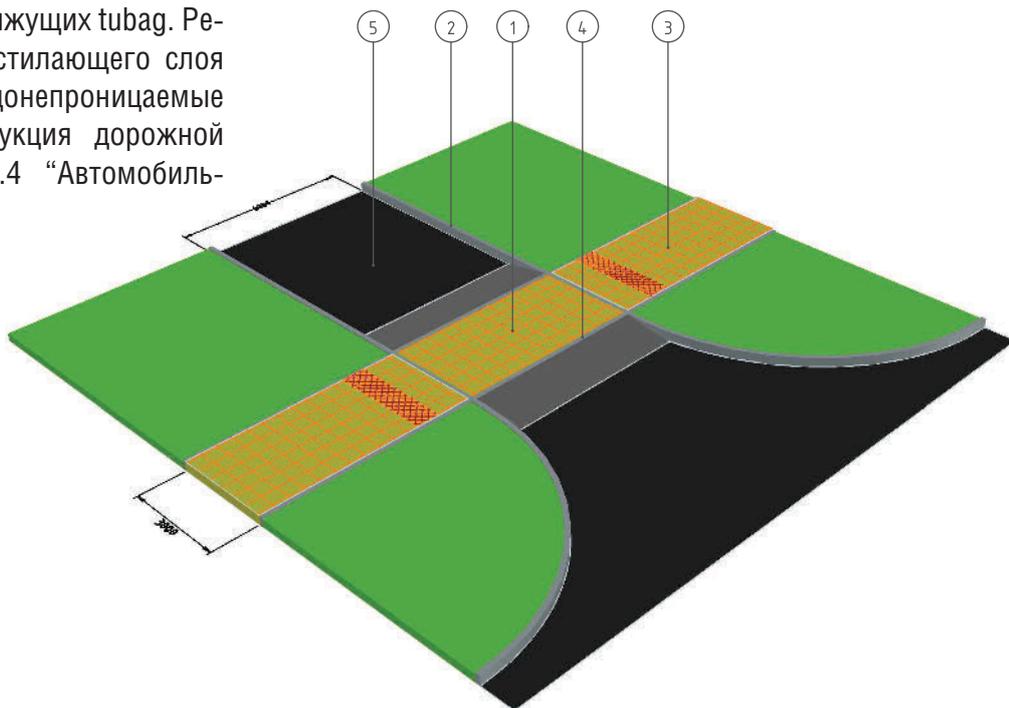


Сдвиг мелкоштучной гранитной шашки в зоне приподнятого пешеходного перехода в направлении поворота колеса

## КОНСТРУКЦИЯ

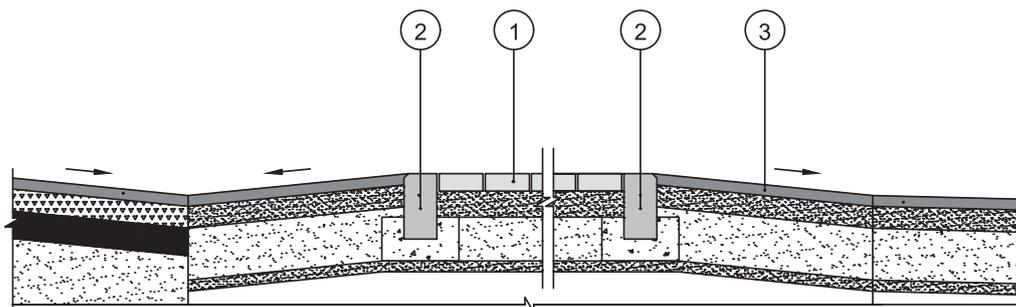
Усиление дорожной одежды осуществляется за счет применения растворов на основе вяжущих tubag. Рекомендуемые материалы для подстилающего слоя ТРМ-D, для заполнения швов – водонепроницаемые растворы PFH, PFH-light. Конструкция дорожной одежды представлена в разделе 3.4 “Автомобильные дороги” (стр. 49).

## ПРИМЕР



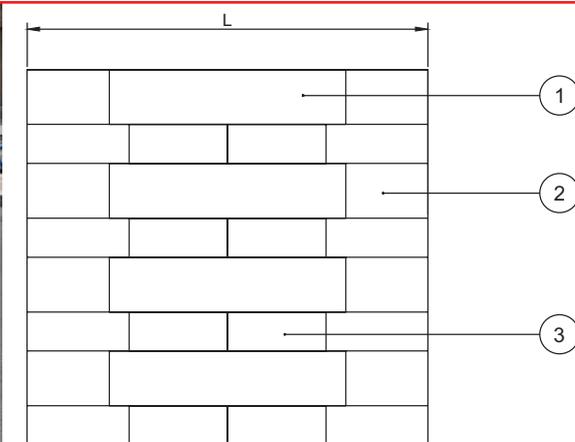
### Общий вид приподнятого пешеходного перехода:

1-мощение приподнятого пешеходного перехода с применением растворов tubag, 2-бортовой камень, 3- мощение тротуара, 4-асфальтобетонное покрытие проезжей части улицы; 5- асфальтобетонное покрытие внутриквартального проезда



### Поперечный разрез приподнятого пешеходного перехода.

1 – мощение из гранитных плит и камней на подстилающем слое из раствора ТРМ-D с заполнением швов водонепроницаемым раствором PFH; 2- гранитный бортовой камень, 3-асфальтобетонное покрытие.



### Раскладка элементов в плане при мощении пешеходного перехода:

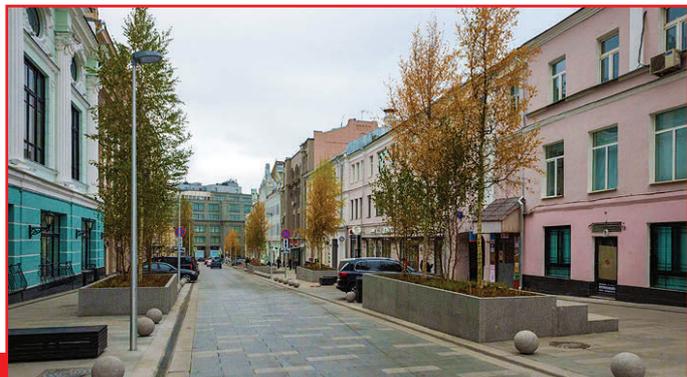
1- колото-пиленая гранитная шашка (КШП) 100x100x100 мм (м/р “габбро”) с заполнением швов водонепроницаемым раствором PFH; 2- плита гранитная 560x600x100 мм (м/р “габбро”) с заполнением швов раствором PFH; 3- плита гранитная 400x1000x100 мм (м/р “мансурово”) с заполнением швов раствором PFH.

## 2.4 Улицы совмещенного движения

### ОПИСАНИЕ

Улицы совмещенного движения подразумевают преимущественно пешеходное движение с возможностью неинтенсивного движения автотранспорта. Особенностью таких улиц является расположение проезжей части и тротуара в одном уровне. В празд-

ничные или выходные дни такие улицы могут быть использованы исключительно для пешеходного движения. Поэтому, очень важно создать комфортные условия ходьбы для пешеходов на всем протяжении улицы.



Улицы совмещенного движения

### ПРОБЛЕМА

Интенсивные нагрузки в зоне проезжей части, что требует использование элементов мощения высотой (толщиной) не менее 100 мм. На тротуарах могут быть использованы элементы мощения от 60-80 мм. Таким образом, для мощения таких улиц требуются

различные по высоте элементы мощения. Это может осложнить заказ и изготовление элементов мощения. Применение растворов tubag позволяет использовать для мощения элементы одинаковой высоты в зависимости от интенсивности движения.



Сдвиг рядов, колейность, эрозия песка из швов – все это характерно для проезжих частей улиц совмещенного движения.

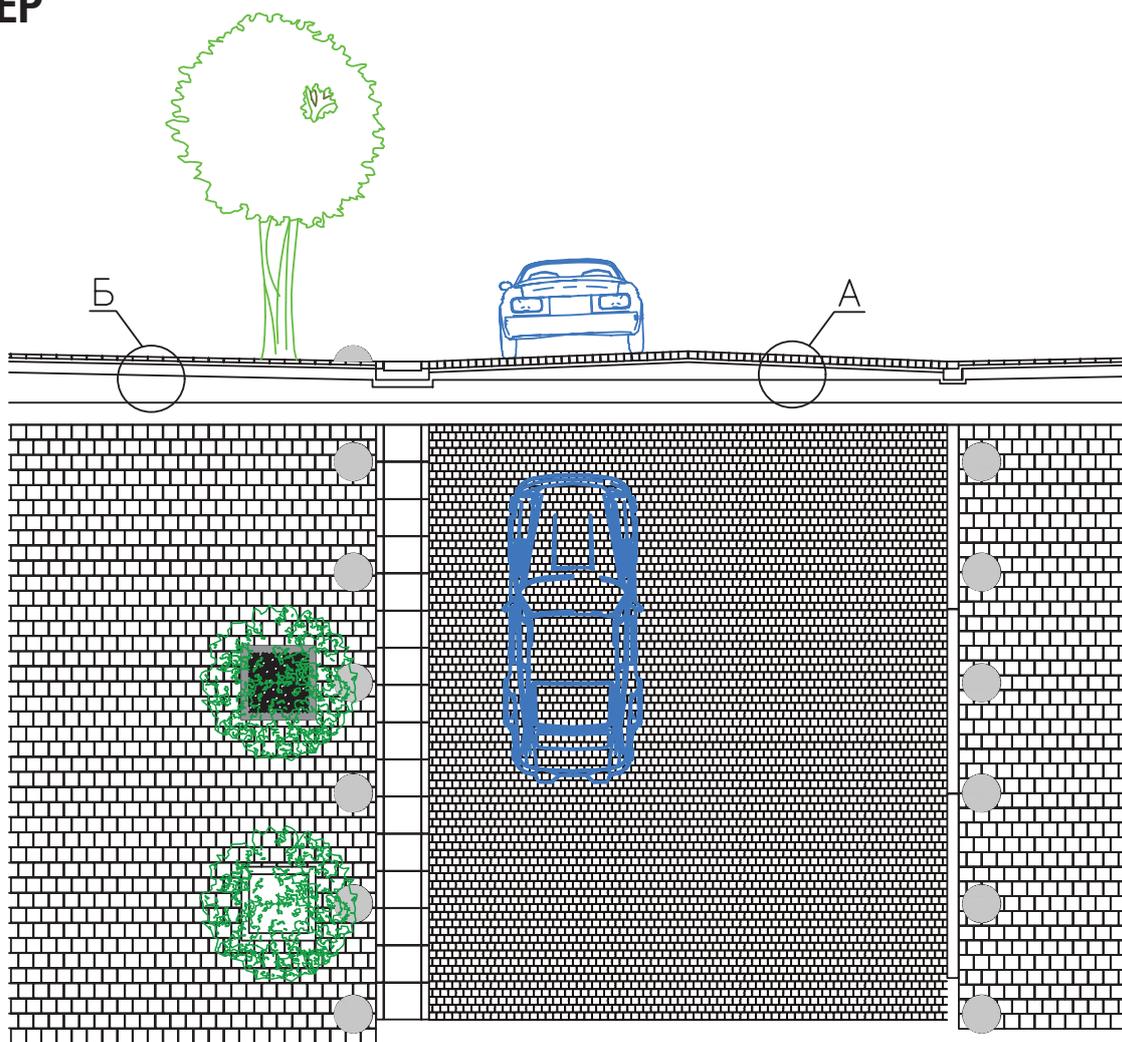
### КОНСТРУКЦИЯ

Усиление дорожной одежды осуществляется за счет применения растворов на основе вяжущих tubag. Рекомендуемые материалы для подстилающего слоя ТРМ-D, для заполнения швов в зоне проезжей части – водонепроницаемые растворы PFH или PFH-light. Для зон пешеходного движения возможно использовать водопроницаемые растворы (PFK, PFL, PFM)

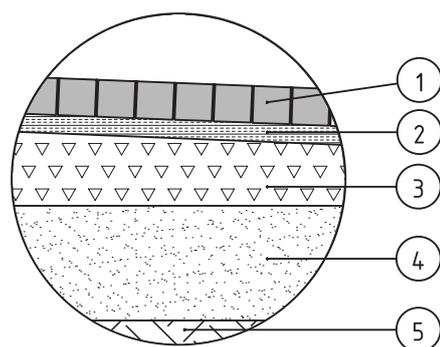
с целью уменьшения нагрузки на канализационную систему. Конструкция дорожной одежды в зоне пешеходного движения – раздел 3.2.1 и раздел 3.2.2. Конструкция дорожной одежды в зоне проезда автомобилей в зависимости от интенсивности и состава движения: раздел 3.2.3 (Конструкции класса N3) и раздел 3.4 “Автомобильные дороги”.



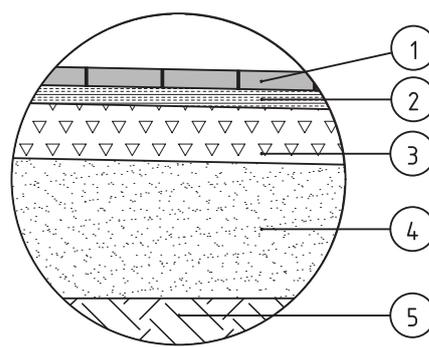
## ПРИМЕР



Узел А



Узел Б

**Дорожные одежды с покрытием из камней мощения и плит улицы совмещенного движения:****Узел А.**

Дорожная одежда в зоне проезжей части: 1—камни мощения (толщиной/высотой 80 мм) с заполнением швов водонепроницаемым раствором PFH-light; 2—подстилающий слой из трассового дренажного раствора TRM-D; 3—несущее основание из щебня; 4—дополнительный слой основания из песка; 5—земляное полотно.

**Узел Б.**

Дорожная одежда в зоне пешеходного движения: 1—камни мощения (толщиной/высотой 60 мм) с заполнением швов водонепроницаемым раствором PFK, PFL 2; 2—подстилающий слой из трассового дренажного раствора TRM-D; 3—несущее основание из щебня; 4—дополнительный слой основания из песка; 5—земляное полотно.

## 2.5 Тротуары. Пешеходные пространства

### ОПИСАНИЕ

Растворы на основе вяжущих tubag предпочтительно использовать при мощении знаковых и особенно важных пешеходных пространств.



Мощение на центральной городской площади



Фрагмент восстановленного исторического мощения на пешеходной зоне

### ПРОБЛЕМА

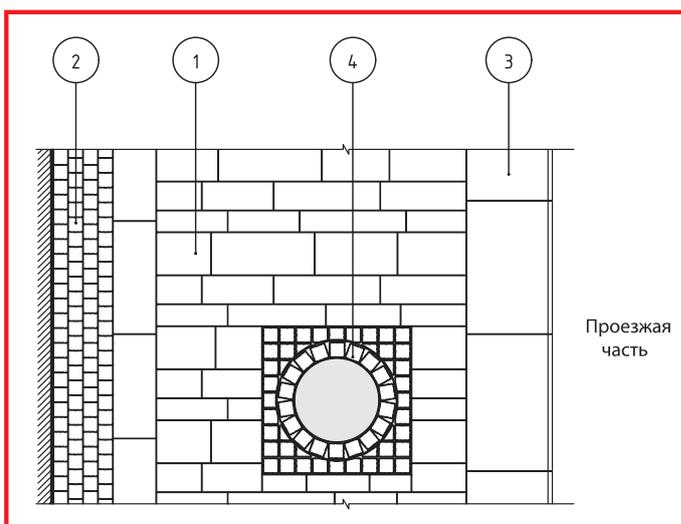
Городские площади и пешеходные пространства часто используются для проведения городских праздников. Поэтому, покрытие должно удовлетворять высоким требованиям по гигиеничности. Растворы облегчают содержание покрытий, что актуально при проведении городских праздников и других мероприятий. Покрытие можно мыть, пылесосить без ущерба размыть швы.

Кроме того, в городах постепенная замена водопроницаемых дорожных покрытий на водонепроницаемые привела к отказу от естественного дренажа. Твердые покрытия (например, асфальт) препятствуют впитыванию осадков на месте. В результате загрязненные дождевые стоки через подземные коллекторы нагружают муниципальную сточную систему.

Дорожные покрытия с применением водопроницаемых растворов tubag позволяют уменьшить нагрузку на канализационную систему и обеспечить сбор воды

в дренажных колодцах для последующего использования.

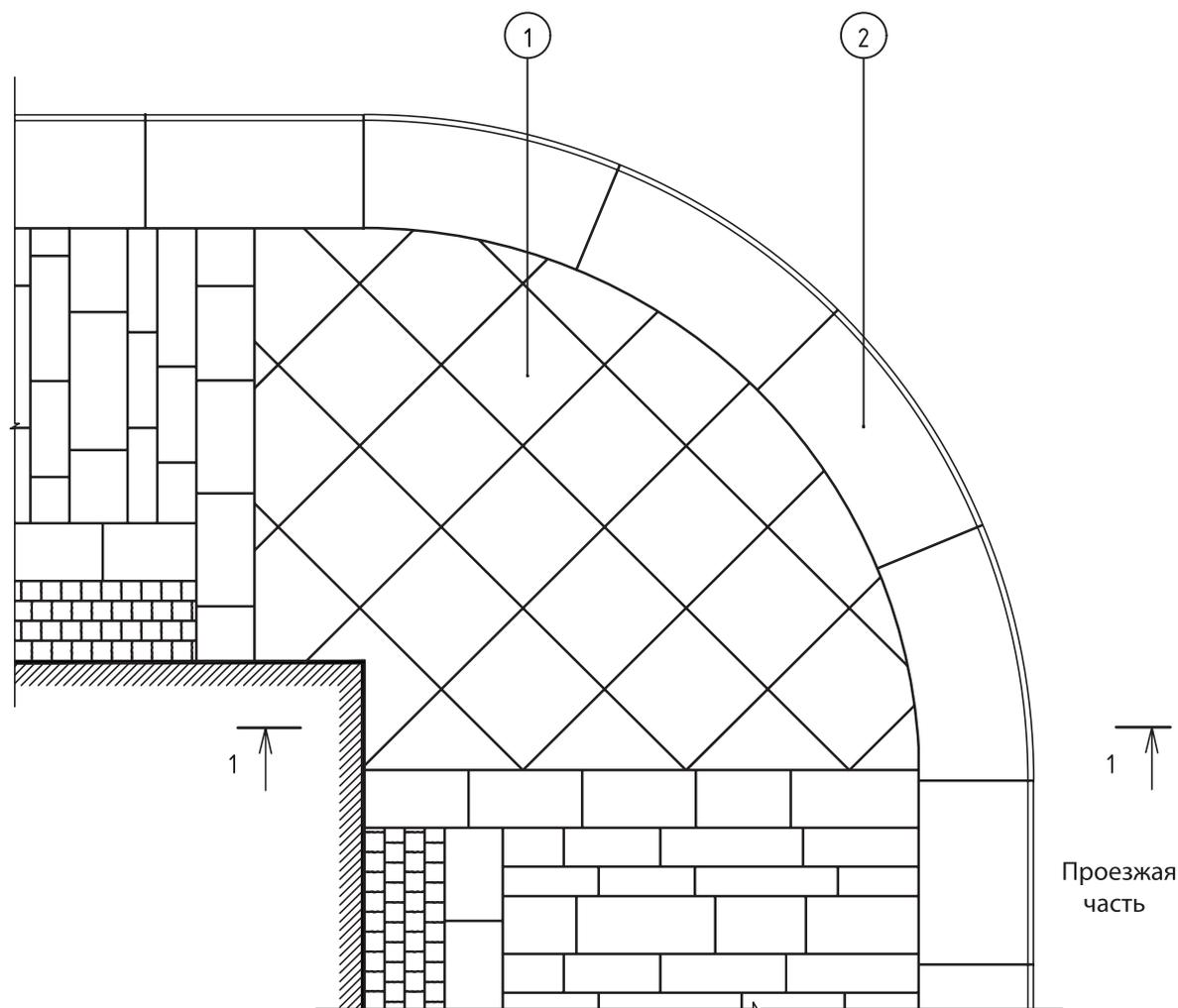
Со временем швы загрязняются, тем самым, их дренажная способность нарушается. Раз в год надо возобновлять дренажные свойства швов – пылесосить покрытие и мыть его струями воды под высоким давлением.



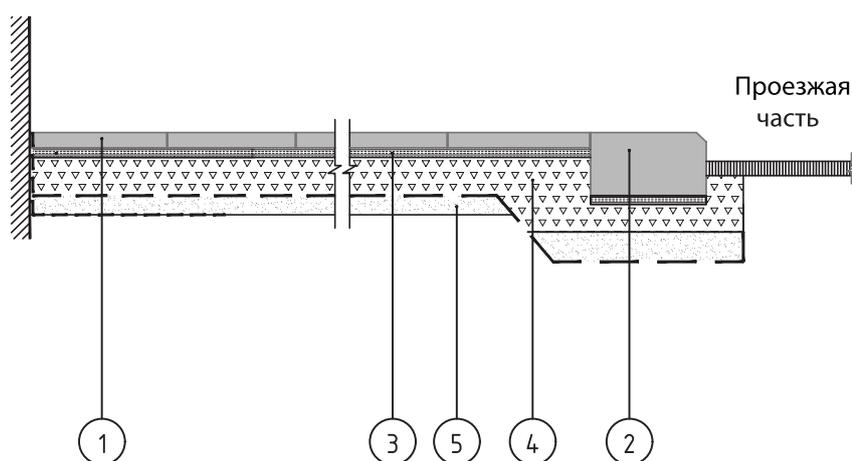
**Примыкание мощения к крышке колодца следует выполнять мелкоштучными элементами.**

- 1 – плиты мощения; 2 – камни мощения;
- 3 – специальный бортовой камень;
- 4 – “венчик” вокруг колодца из гранитных мелкоштучных камней – “шашки”.

## ПРИМЕР



1-1



**Пример решения закругления тротуара с дорожным покрытием из крупноразмерных плит:**  
 1– плиты гранитные (толщина 10 см; основание перед укладкой обрабатывается адгезионным раствором), 2 – специальный бортовой камень; 3-подстилающий слой из трассового дренажного раствора TDM, 4 – несущее основание из щебня; 5- дополнительный слой основания из песка.

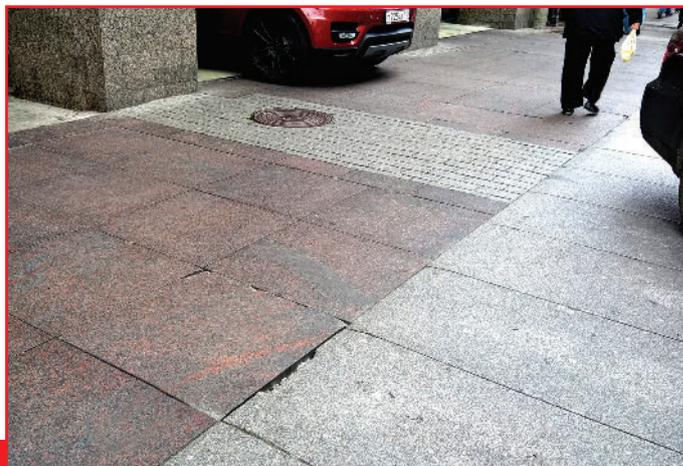
## 2.6 Въезды-выезды. Понижения

### ОПИСАНИЕ

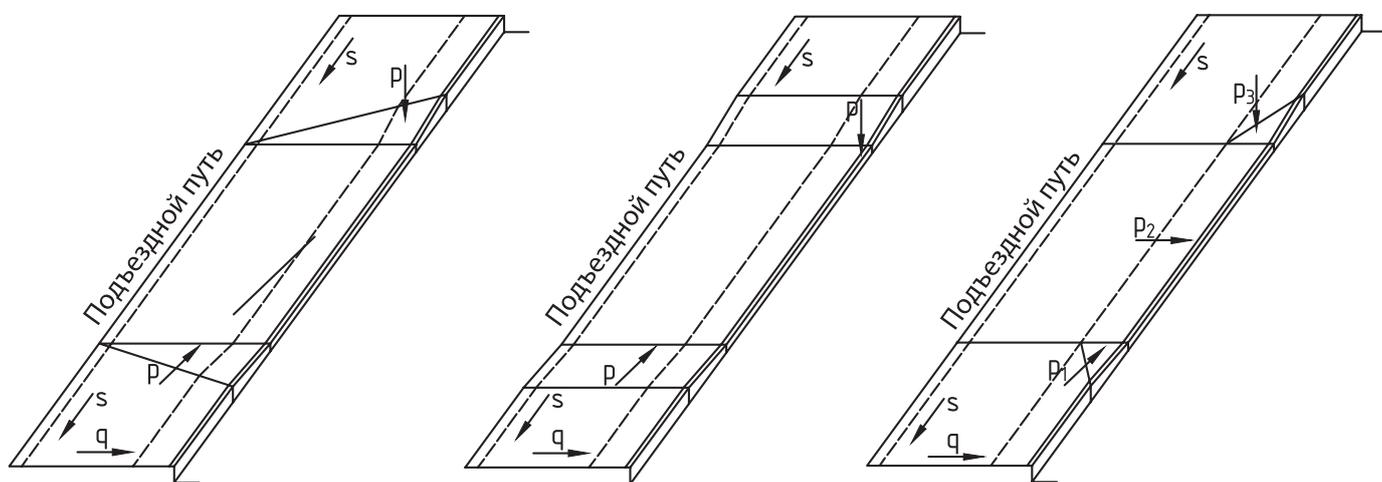
Для устройства уклонов и понижений используются мелкоштучные камни или специальные плиты.



Понижение перед пешеходным переходом из мелкоштучной брусчатки



Въезд-выезд совмещенный с тротуаром (например, въезд-выезд в паркинг или на территорию двора).



### Основные типы понижений

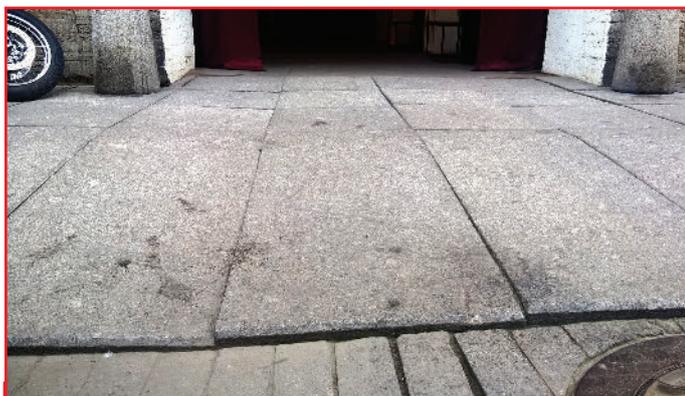
### ПРОБЛЕМА

Как правило, понижения сопряжены с дорожной одеждой тротуара, где используются элементы мощения высотой от 60 до 80 мм. На въездах-выездах с

прилегающих к проезжей части территорий, для обеспечения эксплуатационных показателей покрытия требуются элементы высотой 100 мм. Это обстоя-

тельство требует дополнительного ассортимента изделий. В противном случае на покрытии можно ожидать образование колейности и разрушение самих элементов. Другой аспект – сложность качественно выполнить уплотнение несущих слоев дорожной

одежды в этих зонах из-за преломления поверхностей. В зонах въезда-выезда на проезжую часть с прилегающих территорий действуют динамические нагрузки связанные с режимом разгона-торможения автомобилей.



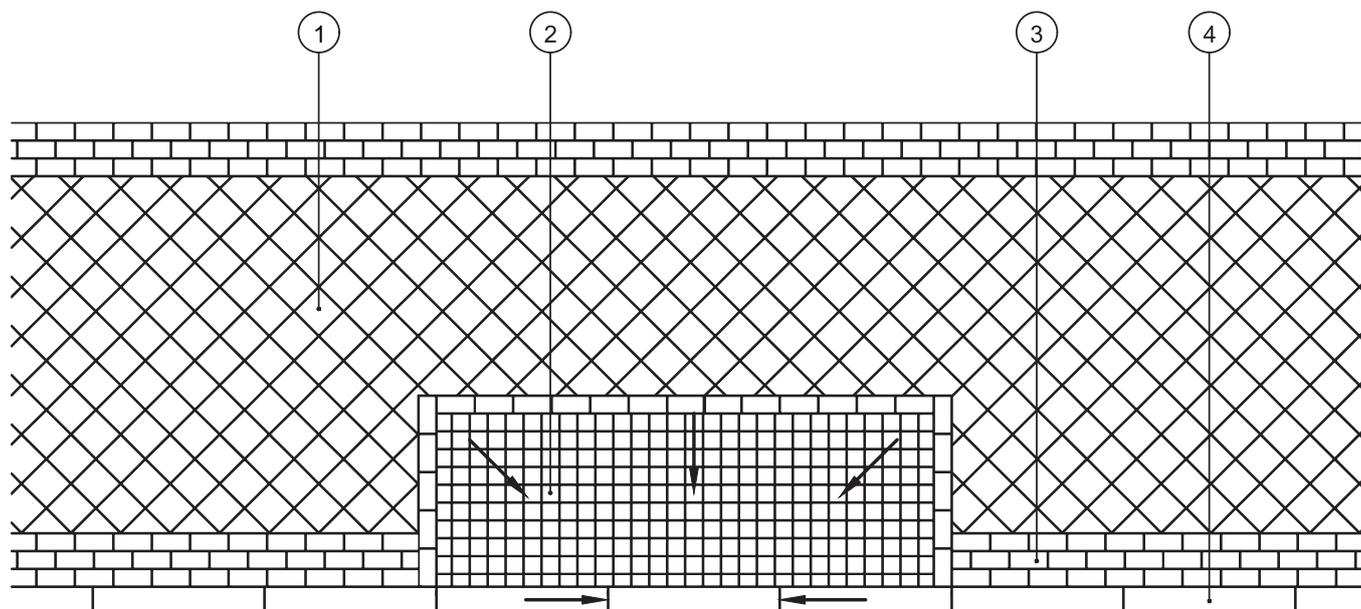
Разрушение покрытия из гранитных плит на въездах -выездах

## КОНСТРУКЦИЯ

Конструкция дорожной одежды в зонах понижений может быть усилена за счет применения растворов на основе вяжущих tubag. Растворы создают жесткое покрытие восприимчивое к динамическим нагрузкам от автотранспортных средств. Конструкция

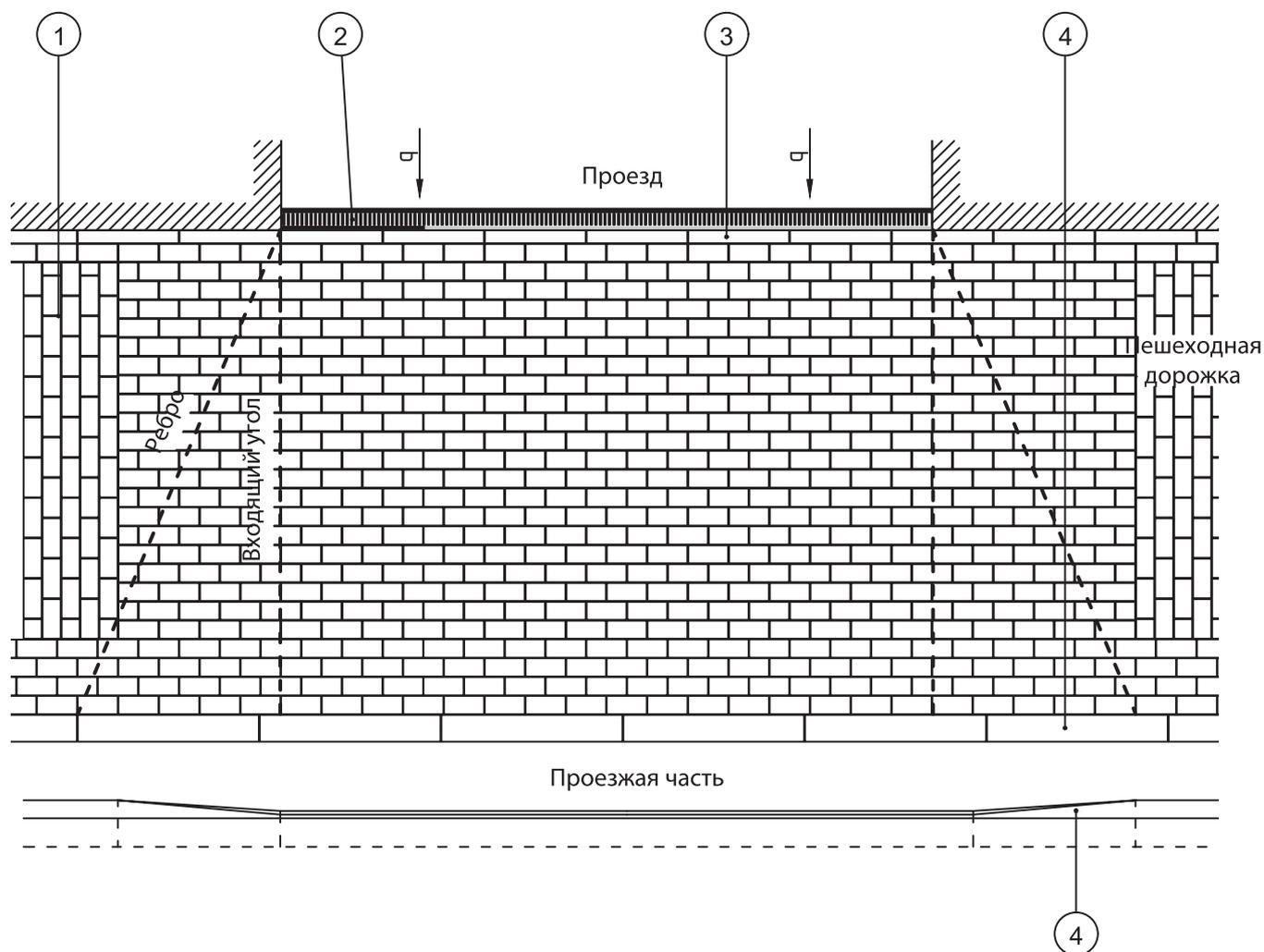
дорожной одежды: см. конструкции класса N3 для муниципальных и коммерческих объектов (раздел 3.2.3, стр. 42) или раздел 3.4. “Автомобильные дороги” (стр. 49).

## ПРИМЕР



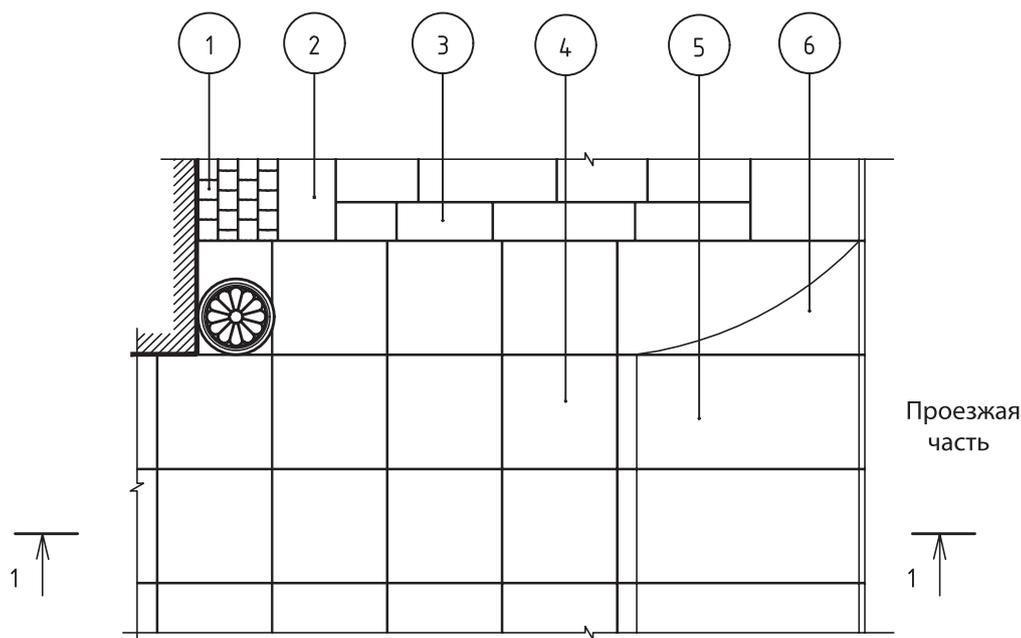
### Понижение в зоне пешеходного перехода:

1-покрытие из гранитных плит, 2 – покрытие из мелкоштучной гранитной шашки с заполнением швов водопроницаемым раствором PFK, PFL 2 на подстилающем слое из трассового дренажного раствора TPM-D; 3- покрытие из гранитной брусчатки, 4- гранитный бортовой камень.



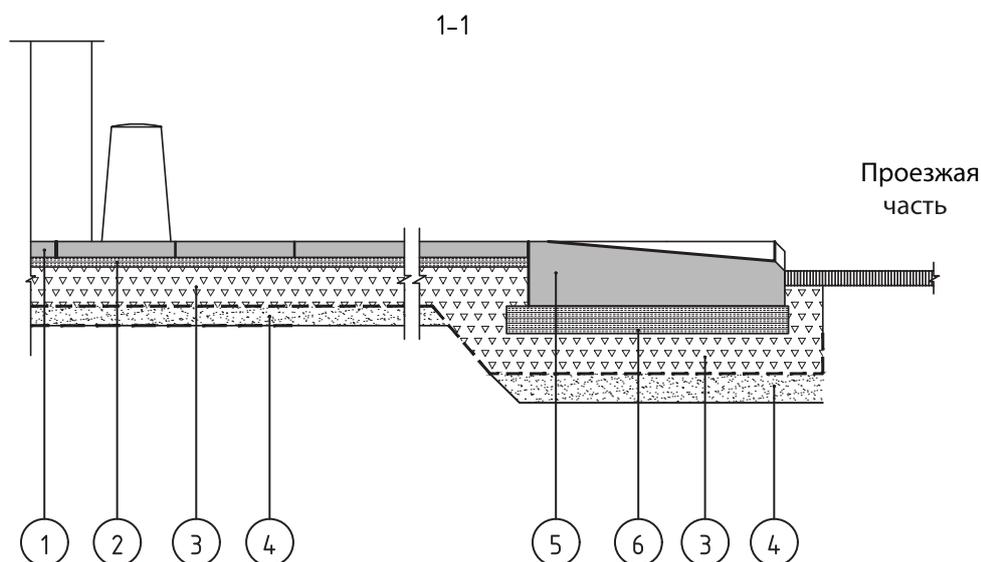
## Въезд-выезд на прилегающую территорию со стороны проезжей части с покрытием из мелкоштучных элементов:

1-мощение тротуара; 2-водосборный лоток; 3-мощение въезда из гранитной брусчатки с заполнением швов водонепроницаемым раствором PFN, PFH-light или PFH на подстилающий слой из трассового дренажного раствора (TDM, TPM-D – в зависимости от действующей нагрузки); 4- гранитный бортовой камень.



**Въезд-выезд на прилегающую территорию со стороны проезжей части с покрытием из гранитных плит для автомобилей с полной массой не более 3,5 тонн (общий вид):**

1-мощение из гранитной шашки; 2,3 – мощение из гранитных плит (стандартная конструкция); 4- мощение из гранитных плит на подстилающий слой из трассового дренажного раствора TDM с заполнением швов водопроницаемым раствором для узких швов PFK; 5-гранитные плиты въезда; 6-специальные гранитные плиты.



**Въезд-выезд на прилегающую территорию со стороны проезжей части с покрытием из гранитных плит для автомобилей с полной массой не более 3,5 тонн (поперечный разрез):**

1 - мощение из гранитных плит; 2-подстилающий слой из трассового дренажного раствора TDM, TPM-D; 3 - несущий слой из щебня; 4 - дополнительный слой основания из песка; 5-специальный элемент из гранита, уложенный на трассовый дренажный раствор TDM; 6 - основание из трассового дренажного раствора TDM

## 2.7 Водные компоненты

### ОПИСАНИЕ

Водные компоненты городского ландшафта (водоёмы, водные каскады, безчашные фонтаны) предполагают формирование вокруг них больших пешеходных пространств. С применением мощения

возможно не только выполнить дорожное покрытие, но и создать безчашные фонтаны и оригинальный рисунок поверхности дна водоёмов.

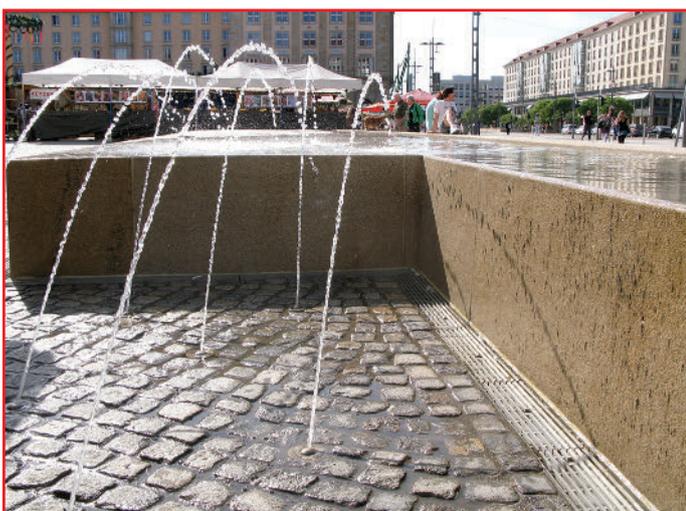


Бесчашные фонтаны особенно популярны в городском ландшафте

### ПРОБЛЕМА

Вода размывает швы в мощении и подстилающий слой. Для устройства мощения используются цементно-песчаные растворы, которые имеют низкую адгезию к природному камню, пропускают воду

внутрь конструкции и имеют неприглядный эстетический вид. Мощение требует постоянного ремонта и ухода.



Вода размывает швы в мощении и подстилающий слой основания

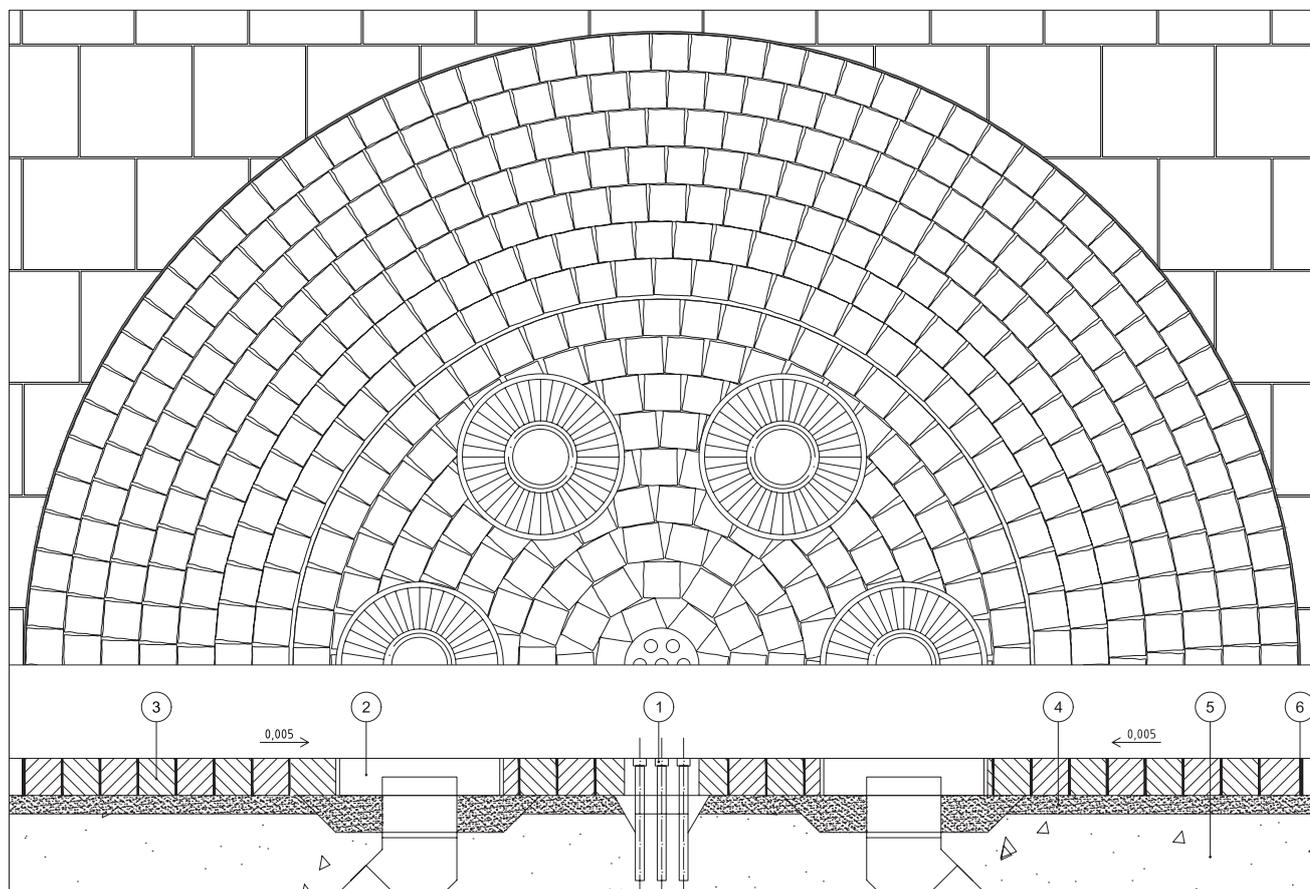
### КОНСТРУКЦИЯ

Для устройства мощения в зоне воздействия воды следует использовать систему мощения tubag – дренажный несущий или/и подстилающий слой (TDM) и водонепроницаемые растворы для заполнения

швов с целью максимального сбора и отвода воды с поверхности покрытия (PFN, TFP, PFH-light, TNF-s). Рекомендуемая конструкция класса N1 (раздел 3.2.1, стр.41).



## ПРИМЕР

**Бесчашный фонтан:**

1-сопла, 2-водосборная воронка; 3-мощение из гранитной шашки с заполнением швов водонепроницаемым раствором PFN; 4-подстилающий слой из трассового дренажного раствора TDM; 5 – несущее основание из щебня; 6-металлическая полоса из оцинкованной стали 3 мм.

## 2.8 Оформление зон растительности

### ОПИСАНИЕ

Зоны растительности очень часто встречаются при устройстве дорожных покрытий. Мощение – удачное решение для благоустройства таких мест. По

мере роста дерева мощение может сниматься, освобождая место для развития корневой системы растений.



Приствольная зона деревьев в дорожном покрытии из камней и плит мощения

### ПРОБЛЕМА

В зонах расположения растительности, как правило, скапливается грязь и мусор. Кроме этого, существует проблема закрепления краев мощения в этих зонах. Корни деревьев не всегда дают возможность качественно установить бортовой камень или закрепить края мощения.



Мусор в приствольной зоне дерева

Сдвиг рядов мощения в сторону незакрепленного края зоны растительности

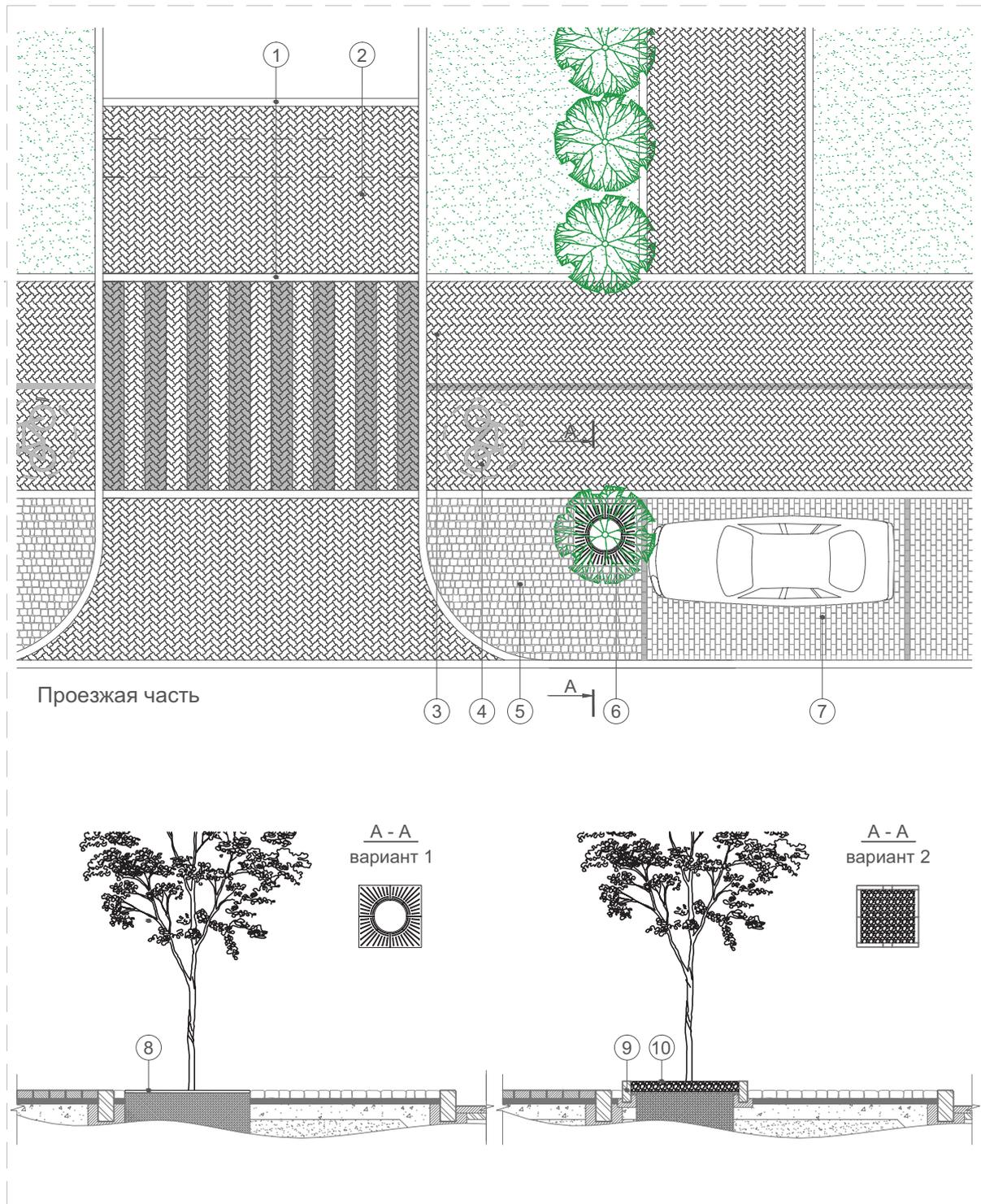
### РЕШЕНИЕ

Для закрепления гравия (природного камня или кварцевого песка) в зоне растительности может быть использовано полиуретановое вяжущее GaLaKreativ, GaLaDesign). В результате образуется водонепроницаемое, прочное и светостойкое покрытие цвета используемой засыпки.

Края мощения, выполненного с применением растворов tubag в случае пешеходных нагрузок, не нуждаются в дополнительном закреплении бортовым камнем или иными способами.



ПРИМЕР

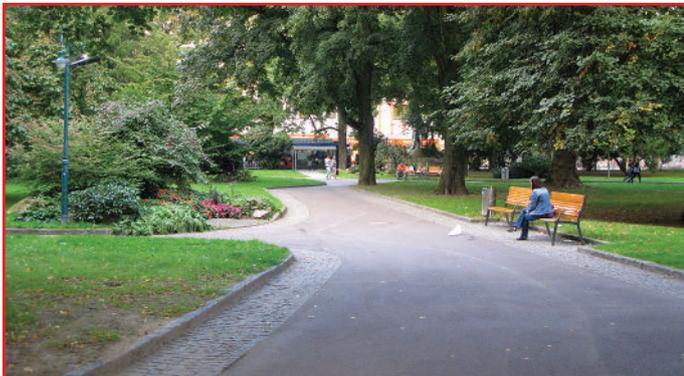


1- бортовой камень гранитный; 2- приподнятый пешеходный переход;  
 3-тротуар (мощение “елочка 45° “); 4-велосипедная дорожка; 5 – мощение гранитной шашкой с заполне-  
 нием швов водопроницаемым раствором PFK, PFL 2; 6-растительность; 7-автостоянка;  
 8-чугунная решетка; 9-бортовой камень; 10-гравий закрепленный стабилизатором на основе эпоксидных  
 смол GaLaKreativ, GaLaDesign.

## 2.9 Водосборные каналы

### ОПИСАНИЕ

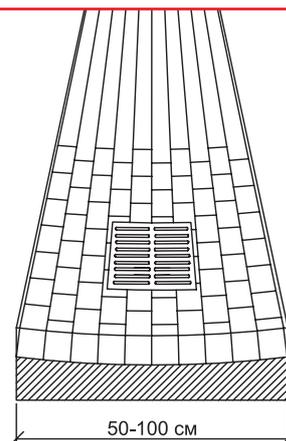
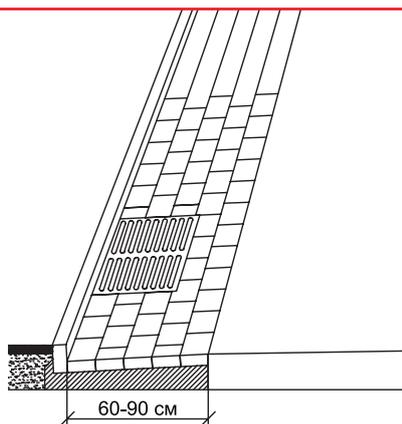
Мелкоштучные элементы мощения позволяют создать требуемые профили открытых водосборных лотков в зависимости от особенностей объекта



Водосборные каналы (лотки) из гранитной шашки по краям дороги



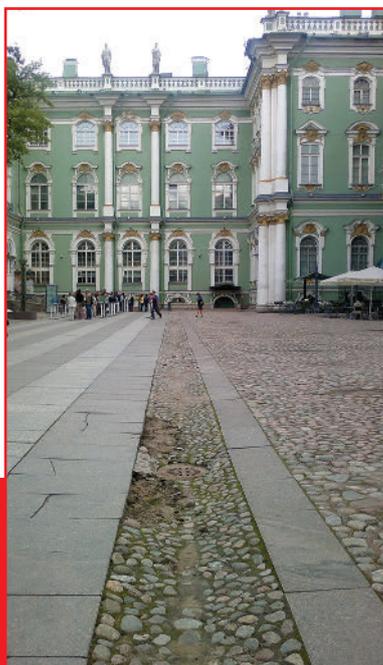
Водосборный канал (лоток) из булыжника



Варианты устройства профилей открытых водосборных лотков из мелкоштучных элементов мощения

### ПРОБЛЕМА

Мощение из мелкоштучных элементов, например, из гранитной шашки, брусчатки или клинкера имеет большое количество швов. Материал заполнения швов размывается водой. Лоток разрушается. При несвоевременном ремонте прилегающее к лотку дорожное покрытие также разрушается, так как подстилающий слой будет вымываться водой.

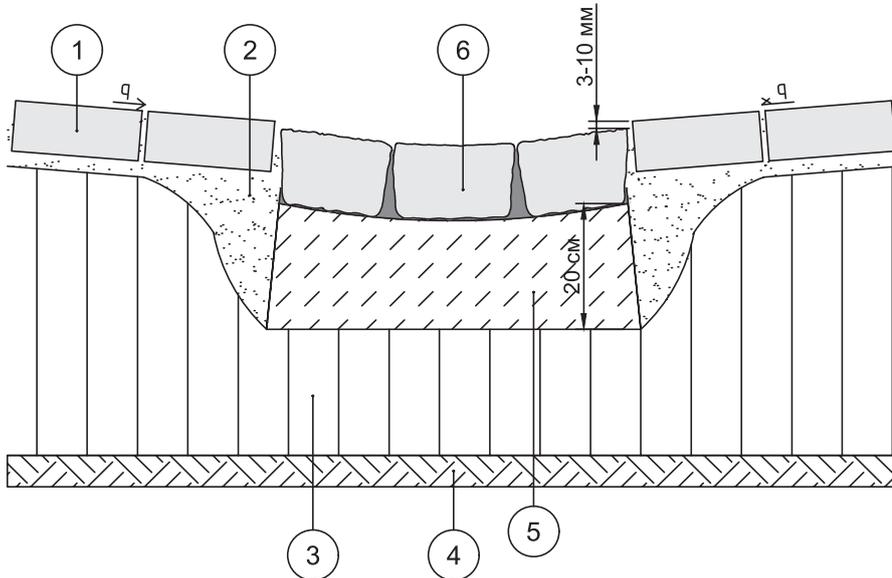


Разрушение водосборного канала (лотка) и прилегающего покрытия

## КОНСТРУКЦИИ

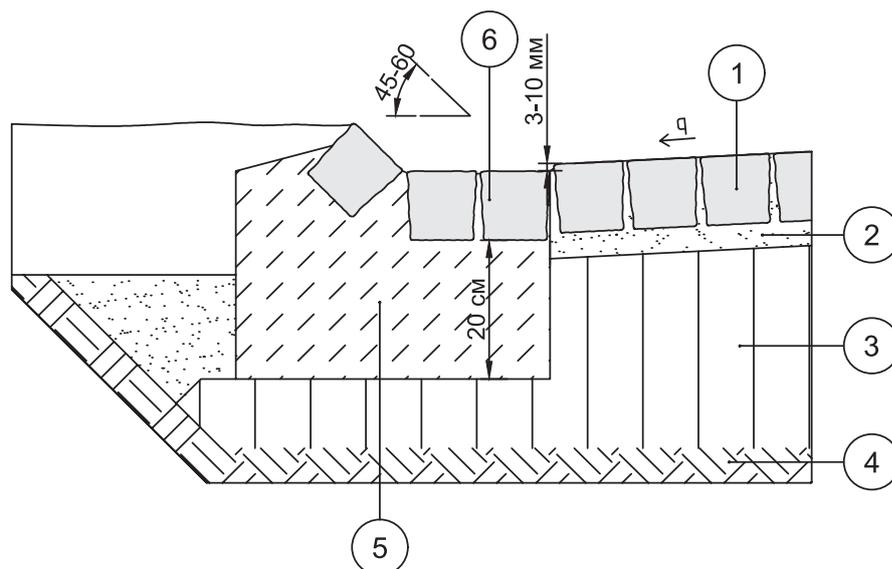
Для предотвращения размывания швов и подстилающего слоя следует использовать водонепроницаемые растворы, например, PFN. Конструкции назначаются в зависимости от категории использования покрытия (N1-N3, автомагистральные дороги), где расположены лотки.

## ПРИМЕР



### Водосборный канал (лоток) из гранитных камней (шашек):

1- мощение прилегающего к лотку покрытия; 2 – подстилающий слой (песок или трассовый дренажный раствор; 3- несущий слой; 4- земляное полотно; 5- основание (фундамент) из трассового дренажного раствора TDM; 6 – мощение лотка гранитной шашкой с заполнением швов водонепроницаемым раствором PFN или PFH-light.



### Водосборный канал (лоток) из гранитной шашки по краю дороги:

1- мощение проезда с возможностью заезда автомобилей с полной массой до 3,5 тонн с заполнением швов водонепроницаемым раствором PFL 2, PFM 2; 2- подстилающий слой из трассового дренажного раствора TPM-D – 10 см; 3 – щебеночное основание; 4- грунт земляного полотна, 5- основание под лоток из трассового дренажного раствора TPM-D; 6- мощение водосборного лотка с заполнением швов водонепроницаемым раствором PFN или PFH-light.

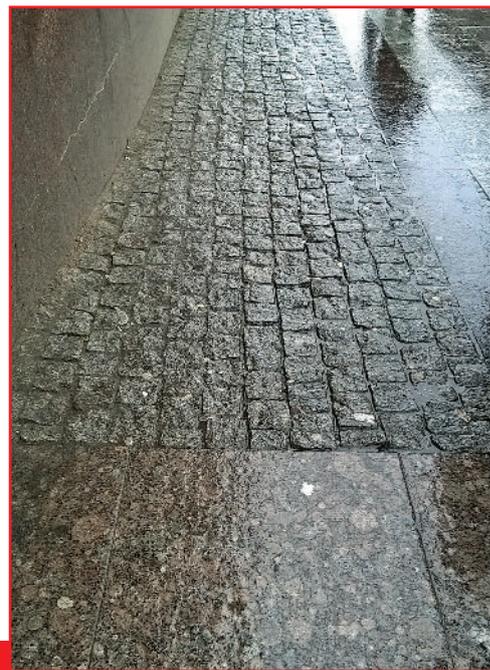
## 2.10 Отмостки

### ОПИСАНИЕ

Отмостка – водонепроницаемое покрытие вокруг здания в вид полосы, проходящей по периметру здания, с уклоном в направлении от здания. Предназначена для защиты фундамента от дождевых вод.



Отмостка из керамогранитных плит



Отмостка из гранитной шашки

### ПРОБЛЕМА

Мощение имеет большое количество швов, через которые вода проникает в дорожную одежду и к фундаменту. Материал заполнения швов особенно быстро

вымывается дождевой водой в зонах расположения водосточных труб и водосборных устройств, что приводит к скорому разрушению всего покрытия.



Дождевая вода размывает швы и мощение



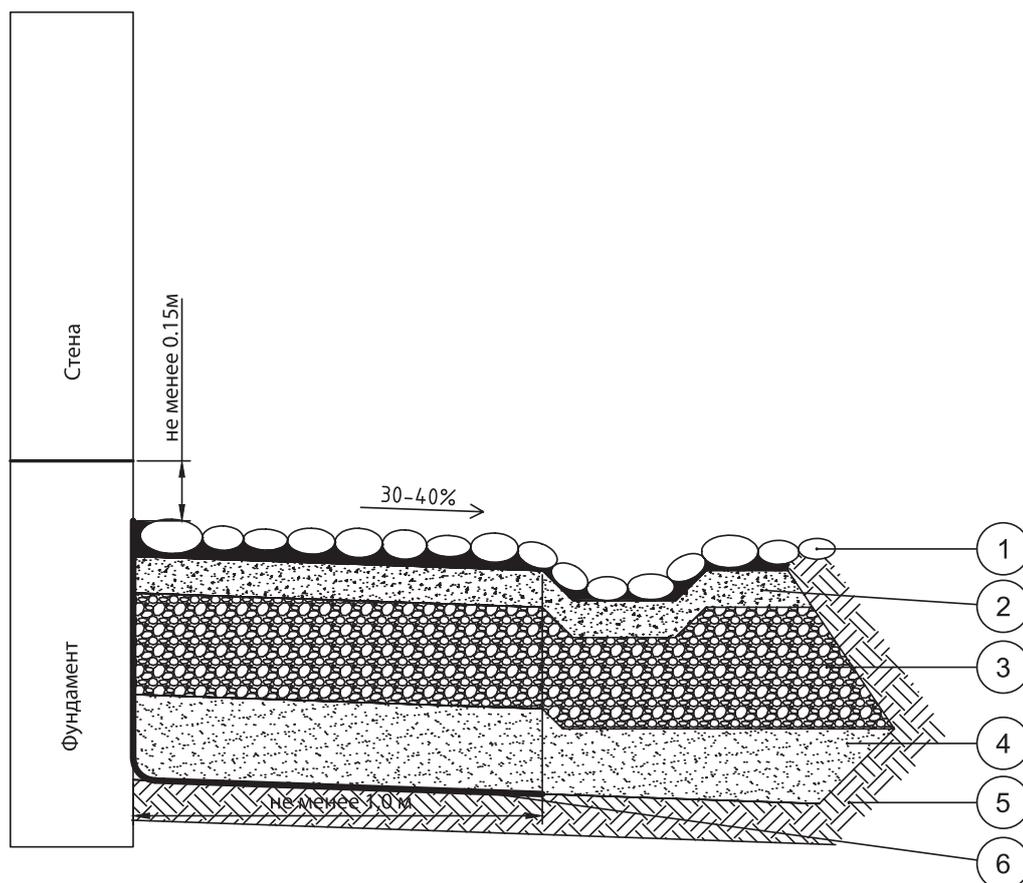
Разрушение мощения из-за неправильно организованного водоотвода

### КОНСТРУКЦИЯ

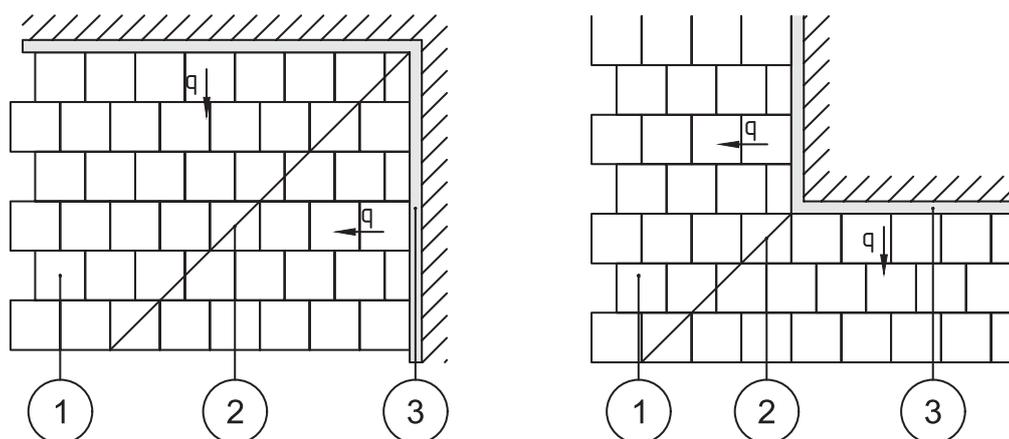
Для устройства мощения в районе отмостки следует использовать подстилающий слой из трассового дренажного раствора TDM и водонепроницаемые растворы для заполнения швов между элементами

мощения PFN, PFH-light, TFP, TNF-s. Мощение отмостки должно эстетически сочетаться с прилегающим мощением. Конструкции класса N1 (раздел 3.2.1 и раздел 3.3.1).

ПРИМЕР



1 - булыжное мощение с заполнением швов водонепроницаемым раствором PFN или PFH-light (основание камней при укладке обрабатывается адгезионным раствором TNH-flex) ; 2 –подстилающий слой из раствора TDM; 3 - щебеночное основание; 4 - дополнительный слой основания из песка; 5 - земляное полотно; 6 - гидроизоляция.



**Раскладка мелкоштучных камней в плане при мощении откоски:**

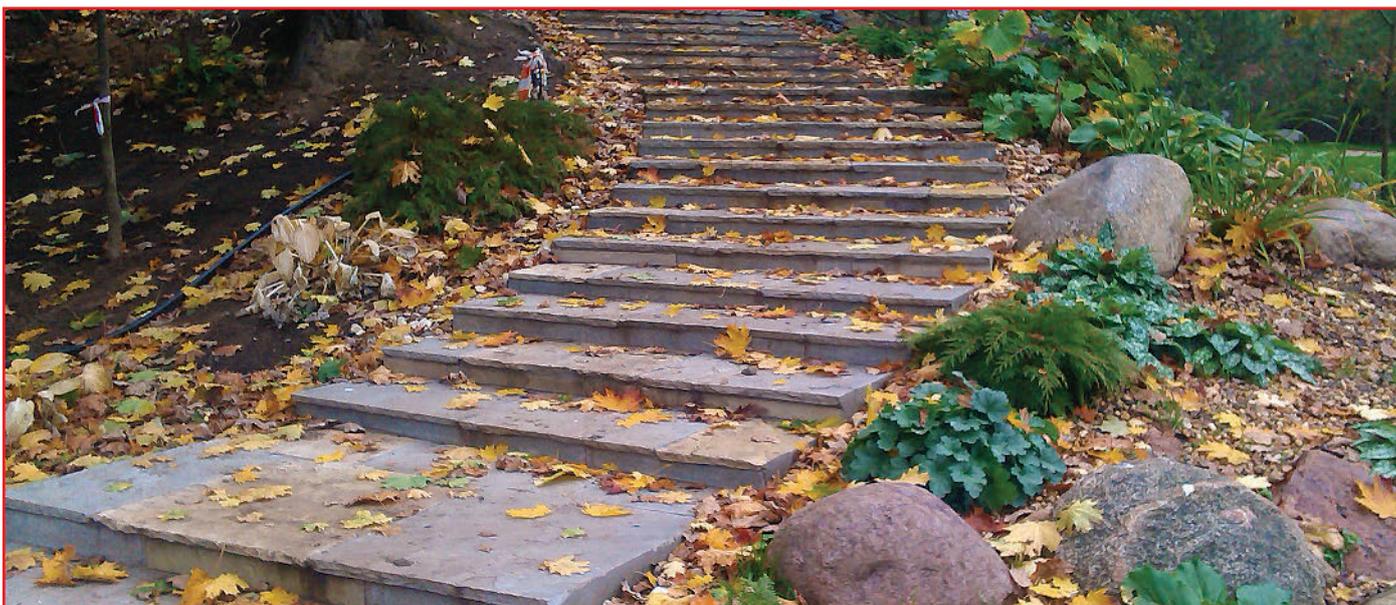
1-мощение с заполнением швов водонепроницаемым раствором; 2-линия перелома плоскостей; 3-мелкоштучная гранитная брусчатка 50x50x50 мм, со швами, заполненными водонепроницаемым раствором.

## 2.11 Лестницы

### ОПИСАНИЕ

Лестницы служат для перехода с одного уровня рельефа на другой. Они играют важную архитектурно-художественную роль в парковом и городском ландшафте. Размещение лестниц на склонах может быть выполнено в различных вариантах: в сочетании с подпорной стенкой, на газоне с периллами, без боковых ограничителей. Повороты, изгибы лестниц

усиливают впечатление от окружающего пространства, изменяют углы, под которыми рассматриваются наиболее интересные объекты. Помимо важности эстетических качеств лестницы главным при проектировании и строительстве лестницы являются ее безопасность и удобство передвижения пешеходов.



Лестницы в ландшафте

### ПРОБЛЕМА

Напорная вода из основания или поверхностная вода, которая может проникать через швы элементов покрытия ступеней лестниц может стать причи-

ной высолообразования на поверхности ступеней и привести к разрушению конструкции.



Высолообразование на поверхности облицовки портит эстетический вид



Отслоение облицовки – наиболее частый дефект, который можно видеть на лестницах

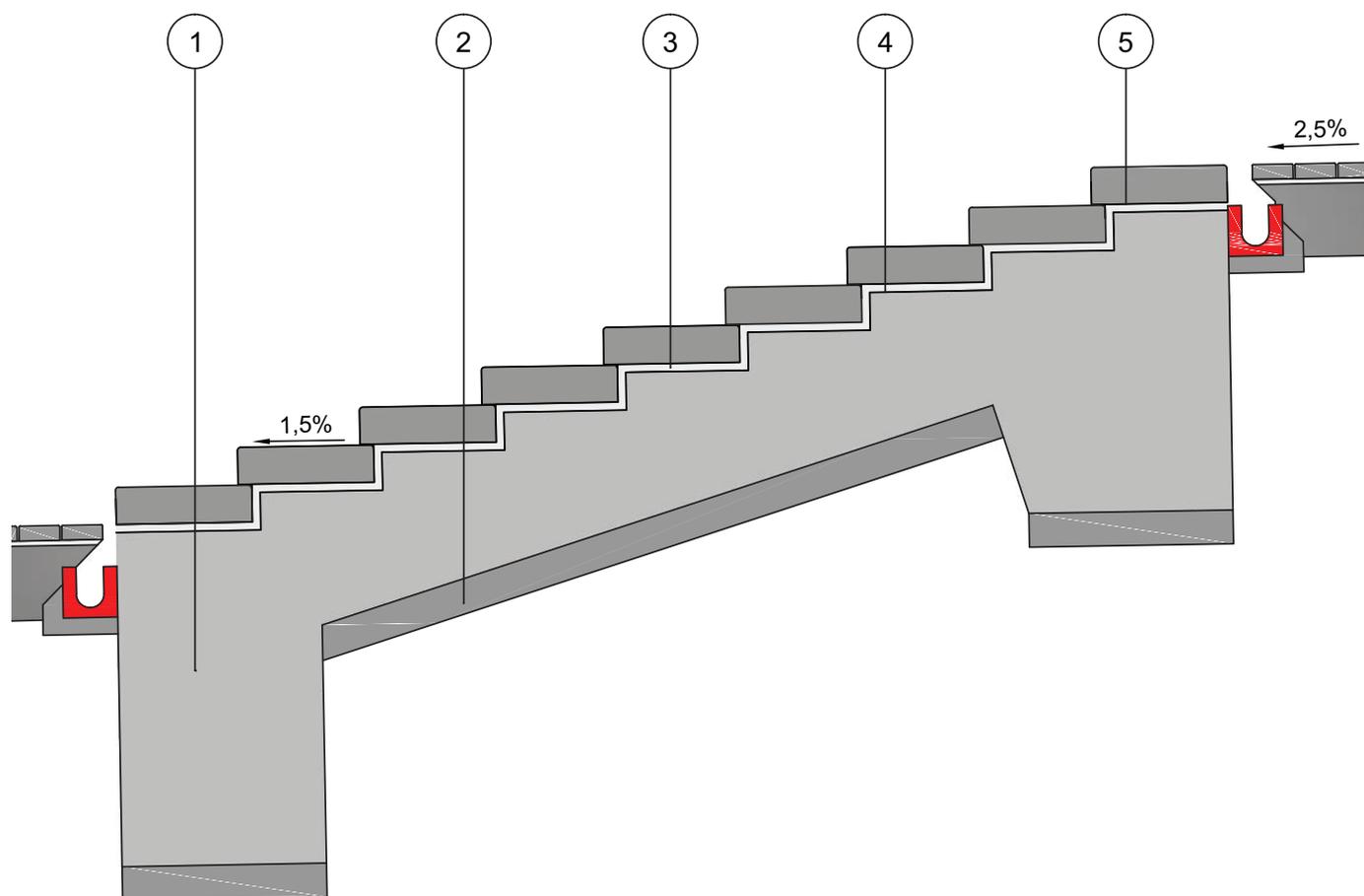


## КОНСТРУКЦИЯ

Чтобы состояние и положение лестницы оставались неизменными долгое время, рекомендуется сооружение жёсткого основания, т.е. применение материалов, содержащих вяжущие. В то время как для коротких лестничных маршей работу проводят на бетонном фундаменте, для длинных лестниц часто укладывают одну бетонную балку с опорой на верхний и нижний бетонный фундамент. Затем на гидро-

изолированный фундамент с помощью трассового дренажного раствора TDM укладывают соответствующие элементы ступени (например, блочные ступени, подступенки или проступи).

Чтобы вода с прилегающих поверхностей не попала на лестницу (иначе это может привести к образованию льда зимой), рекомендуется выполнить водосточный желоб на самой верхней ступеньке.



### Конструкция лестницы:

1 – армированный бетонный фундамент, 2-защитный слой, 3-подстилающий слой из трассового дренажного раствора, 4-гидроизоляция, например, FDS 2K; 5 - раствор –шлам для повышения адгезии TNH-flex.

# 3. Конструкции дорожных одежд

## 3.1. Особенности расчета

Принятая в альбоме классификация конструкций дорожных одежд представлена в таблице 3.1. Классификация конструкций дорожных одежд выполнена на основе немецкого стандарта (ZTV Wegebau)

«Дополнительные технические условия договора для строительства тротуаров, пешеходных дорожек и площадок за пределами проезжей части» [9].

**Таблица 3.1 Классификация конструкций дорожных одежд**

Дорожные одежды за пределами проезжей части						Дорожные одежды автомобильных дорог
Муниципальные и коммерческие объекты			Индивидуальные частные объекты			
N1	N2	N3	N1	N2	N3	
Примечание: 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 осевой нагрузкой меньшей или равной 5 тонн/ось (например, проезды для технического обслуживания и ремонта, эвакуации, а также пожарные подъезды к гаражам и зданиям)						

Расчеты дорожных одежд выполнялись в программе IndorPavement 9.

В программном обеспечении для расчета дорожных одежд (“Топоматик Robur – Дорожная одежда”, “IndorPavement Expert”) используются минимальные значения статических нагрузок на ось и на колесо автомобиля, соответственно, 25 кН и 10 кН. Таким

образом, рассчитать дорожные одежды класса N1 (табл. 3.1, пешеходное движение) не представляется возможным. Поэтому, для назначения конструкций дорожных одежд класса N1 был использован имеющийся отечественный и зарубежный опыт проектирования аналогичных конструкций [1,2,3,8] (табл. 3.2).

**Таблица 3.2 - Обзор конструкций дорожных одежд**

Документ	Конструкции
Директивы по стандартизации дорожной одежды дорог, улиц и других транспортных сооружений [1].	Конструкции для велосипедных и пешеходных дорожек. Обзорная таблица 6 (стр.36).
	- с бетонным покрытием: покрытие -12 см; щебеночный или гравийный несущий слой -15 см ; слой из морозостойкого материала – 13 см. Общая толщина дорожной одежды – 40 см.
	- с бетонным покрытием: покрытие -12 см; щебеночный или гравийный несущий слой или слой из морозостойкого материала -18. 28 см. Общая толщина дорожной одежды от 30 до 40 см.
	- с плиточным покрытием: покрытие - 8 см; подстилающий слой - 4 см; щебеночный или гравийный несущий слой – 15 см; слой из морозостойкого материала – 13 см. Общая толщина дорожной одежды – 40 см.
	- с плиточным покрытием: покрытие - 8 см; подстилающий слой - 4 см; щебеночный, гравийный несущий слой или морозозащитный слой - 18..28 см; Общая толщина дорожной одежды от 30 до 40 см.

Таблица 3.2 - Обзор конструкций дорожных одежд (окончание)

Документ	Конструкции
Альбом дорожных конструкций Ленинграда. Конструкции для устройства тротуаров. [3]	Конструкции типа Т-2с, Т-4 для тротуаров шириной 3 м и более(стр.62): камни мощения 5-7 см; подстилающий слой 3 см; щебень 15 см; песок в зависимости от грунтовых условий и расположения тротуара 15-20 см. Общая толщина дорожной одежды – 38..45 см.
	Конструкции в зоне трамвайных путей при совмещенном движении трамвая и автотранспорта (стр.60): брусчатка 8-10 см; подстилающий слой 3 см; тощий бетон М100 – 16 см; щебень гранитный – 15 см; Общая толщина дорожной одежды 42-44 см.
Дорожные конструкции для города Москвы. [2]	Дорожная одежда с покрытием из цементобетона для стоянок легковых автомобилей и парковых дорог (стр. 55): цементобетон (В25,В30) – 18 см; щебеночные смеси – 15 см; песок – 28...30 см. Общая толщина дорожной одежды 61-63 см.
	Конструкция для тротуаров шириной менее 3 м с покрытием из камней мощения (стр.61): камни мощения 5..7 см; подстилающий слой - 3 см; цементопесчаная смесь М100 – 7 см или щебеночная смесь - 12 см; песок - 28-30 см. Общая толщина дорожной одежды 43-53 см.

По результатам анализа дорожных конструкций и использованием рекомендаций по проектированию дорожных одежд (ZTV Wegebau) “Дополнительные технические условия договора для строительства тротуаров, пешеходных дорожек и площадок за пре-

делами проезжей части [9] были установлены минимальные толщины дорожных одежд с покрытием из камней/плит, выполненных с использованием растворов tubag (см. табл. 3.3).

Таблица 3.3 Минимальная толщина дорожной одежды с использованием растворов на основе вяжущих tubag для категории использования N1

Класс дорожных одежд (табл.3.1)	Минимальная толщина, см
1	46

При расчете дорожных одежд класса N2 приняты минимальные возможные в программе Indor Pavement 9 значения статических нагрузок на ось -25 кН и на колесо 10 кН.

Конструкции рассчитаны для дорожно-климатической зоны II [5]. Для всех конструкций допустимая величина морозного пучения принималась равной 3 см (Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд (взамен ВСН 197-91)). Интенсивность движения и суммарное число приложения нагрузки было рассчитано следующим образом. За год уборочная техника совершает 720 циклов уборки (один цикл принимается как два про-

езда). Коэффициент запаса принимается равным 1,1 на неучтенные передвижения техники по тротуару (заезды, развороты).

Расчет суммарного числа приложений нагрузки ведётся с учётом срока службы дорожной одежды 10 лет.

Конструкции для индивидуальных частных объектов рассчитаны на меньшую интенсивность движения (в 2 раза), по сравнению с муниципальными и коммерческими объектами.

При моделировании дорожного покрытия, особенно покрытия выполненного с применением растворов на основе вяжущих, возникают трудности, связанные с

его неоднородной структурой. Так, модуль упругости гранита 80 000 Н/мм<sup>2</sup>, растворов на основе вяжущих для устройства основания и подстилающих слоев от 20 000 до 30 000 Н/мм<sup>2</sup>, растворов для заполнения швов от 3 000 до 2 000 Н/мм<sup>2</sup>. Такая комбинация материалов не представляет возможным однозначно описать верхнее покрытие.

Поэтому, дорожное покрытие из элементов мощения (включая подстилающий слой) в настоящем альбоме моделируется сплошным слоем из бетона, что по-

зволяет использовать стандартные методы расчета дорожных одежд. Класс бетона на изгиб принимается равный  $V_{tb}=1.2$ .

Расчёт дорожной одежды выполняется как многослойного полупространства на сдвиговые напряжения в грунте и слоях из слабосвязанных материалов, на сопротивление при изгибе монолитных слоев и по общему модулю упругости.

Характеристики материалов, использующихся в расчётах приведены в табл. 3.4

**Таблица 3.4 Свойства грунтов и дискретных материалов**

Вид материала	E, МПа	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$K_{упл}$	$\varphi$ , °	c, МПа	Минимальная толщина, см
Супесь лёгкая	47,8	2100	1,02	35	0,012	46
Песок пылеватый	67,5	1750	1,00	35	0,011	58
Суглинок лёгкий	32	2000	1,02	14,2	0,013	70
Супесь тяжёлая пылеватая	29,6	2100	1,02	34	0,010	
Щебень фр. 40...80	450	1600	1,00	-	-	
Цементобетон М100*	1560	2400	1,00	-	-	
Песок средней крупности	120	1950	1,00	33	0,005	

Обозначения: E, МПа – модуль упругости;  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup> – плотность;  $K_{упл}$  – коэффициент уплотнения;  $\varphi$ , ° – угол внутреннего трения; c, МПа – сцепление.

\*Примечание: согласно ZTV Wegebau [9] бетонное основание должно обладать дренажными свойствами.

## Порядок назначения конструкций дорожных одежд с применением настоящего альбома:

- 1) Определяется категория использования покрытия (табл.3.1).
- 2) В зависимости от категории использования покрытия, используемых материалов для мощения (плиты или камни), вида грунта земляного полотна и уровня грунтовых вод подбирается конструкция дорожной одежды (см. разделы 3.2-3.4).
- 3) С учетом рекомендаций ZTW (ZTV Wegebau) “Дополнительные технические условия договора для строительства тротуаров, пешеходных дорожек и площадок за пределами проезжей части [9] и пособия “Мощение с применением растворов на основе вяжущих” [4] уточняются материалы tubag для заполнения швов, подстилающего слоя и несущего основания.

- 4) Марки растворов tubag и толщина слоев дорожной одежды могут быть уточнены в проектной документации на объект с учетом конкретных особенностей: интенсивности движения, характера нагрузок, условий строительства и т.д. (см. пример - Приложение 2).

- 5) Перед окончательным решением по назначению той или иной конструкции дорожной одежды следует рассмотреть опыт проектирования и строительства аналогичных конструкций (некоторый опыт изложен в пособии “Мощение с применением растворов на основе вяжущих” [4]), осуществить выезд на объект с целью анализа условий строительства (грунты, наличие дренажа) и последующей эксплуатации (предполагаемые состав и интенсивность движения).

## 3.2 Муниципальные и коммерческие объекты

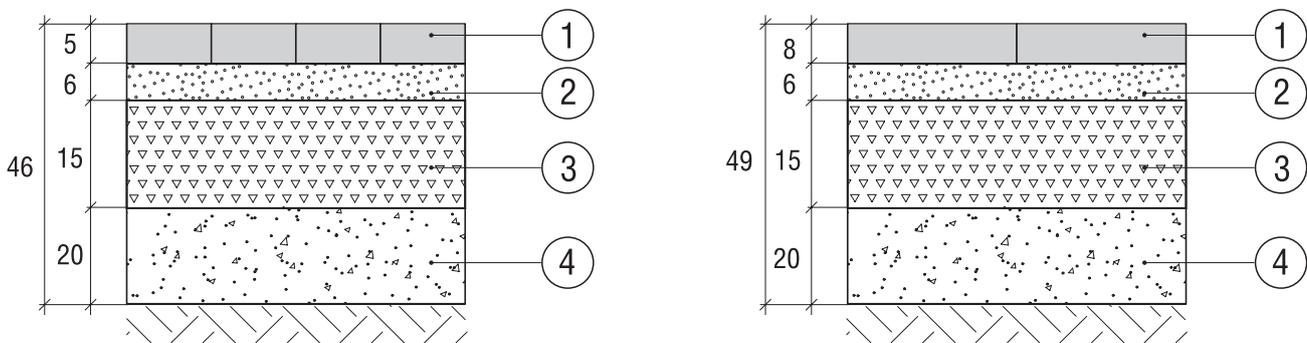
Данные виды конструкций разработаны с учётом особенностей эксплуатации муниципальных (городских) дорожных покрытий, с учётом проезда легко-

вых автомобилей, а также уборочной и поливочной техники.

### 3.2.1 Конструкции класса N1

Варианты конструкций дорожных одежд класса N1 (примеры элементов благоустройства: тротуары, садово-парковые дорожки и площадки, придомовые территории) с покрытием из камней мощения

толщиной 5 см и плит толщиной 8 см представлены на рис. 3.1 (а, б). Минимальная толщина дорожной одежды – 46 см (табл. 3.3).



а) с покрытием из камней мощения

б) с покрытием из плит

Рис. 3.1. Конструкция дорожной одежды класса N1:

1-покрытие из камней/плит мощения с заполнением швов растворами tubag; 2- подстилающий слой из растворов tubag; 3- щебень (несущий слой основания); 4- песок (дополнительный слой основания).

### 3.2.2. Конструкции класса N2

Дорожные одежды класса N2 (рис. 3.2) рассчитаны на нагрузки от пешеходов и от заезда небольшой тротуароуборочной техники или автомобилей до 3,5 тонн (например, въездные зоны и парковки для легковых автомобилей).

В расчетах дорожных одежд приняты следующие исходные данные:

- дорожно-климатическая зона – II, подзона 1 [5].
- техническая категория дороги – V;
- тип дорожной одежды - облегченный;
- расчетный срок службы покрытия в зависимости от

категории дороги (10 лет);

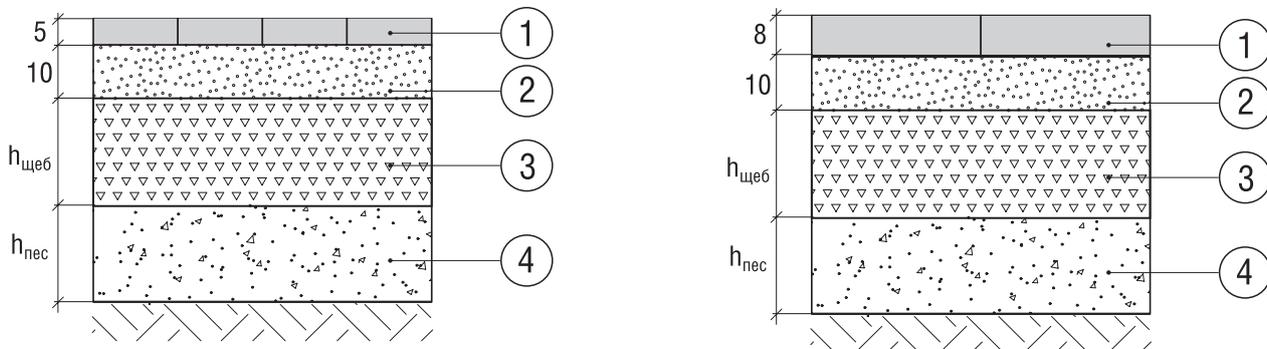
- суммарное число приложения приведенной расчетной нагрузки к расчетной точке на поверхности конструкции за срок службы  $\sum Np = 15840$ ;
- параметры нагрузок приведены в п. 3.1;
- глубина промерзания грунтов принята равной 1,40 м (по результатам многолетних наблюдений);
- изолиния термосопротивления грунтов №5 [3].

Расчеты проводились на сдвигоустойчивость, статическую нагрузку, морозоустойчивость и дренирующий слой. Для конструкций дорожных одежд, в

основании которых песок пылеватый дренирующий слой не рассчитывался, т.к. для этих конструкций он не требуется - глубина промерзания меньше УГВ, а основание имеет требуемые для водоотвода свой-

ства.

Конструкции дорожных одежд класса N2 приведены в табл. 3.5.



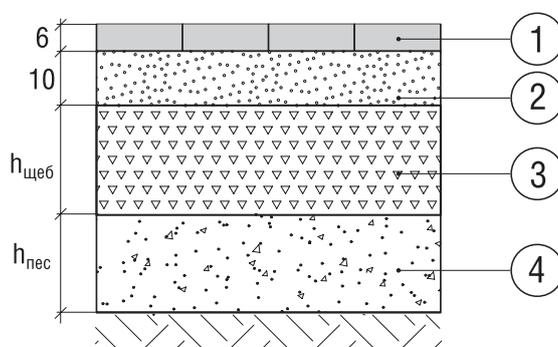
**Рис. 3.2. Конструкция дорожной одежды класса N2:**

1-покрытие из камней (5см)/плит мощения (8 см) с заполнением швов растворами tubag; 2- подстилающий слой из раствора TDM; 3- щебень (несущий слой основания); 4- песок (дополнительный слой основания).

### 3.2.3. Конструкции класса N3

Дорожные одежды класса N3 рассчитаны на нагрузки от пешеходов и от заезда автомобилей и тяжелой уборочной техники с осевой нагрузкой меньшей или равной 5 т/ось. Согласно стандарта ZTV Wegebau «Дополнительные технические условия договора для строительства тротуаров, пешеходных дорожек и площадок за пределами проезжей части» [9] несущий слой дорожной одежды следует выполнять из дренажного бетона толщиной не менее 150 мм. Кон-

струкции с щебеночным основанием должны быть обоснованы с учетом индивидуальных особенностей объекта. Вариант такой дорожной конструкции с несущим щебеночным основанием представлен на рис. 3.3. Исходные данные для расчетов дорожных конструкций класса N3, за исключением нагрузок, аналогичны данным для конструкций N2 (см. п.3.2.2). Результаты расчетов приведены в таблице 3.6.



**Рис.3.3. Конструкция дорожной одежды класса N3**

1-покрытие из камней/плит мощения с заполнением швов растворами tubag; 2- подстилающий слой из растворов TPM-D; 3- щебень (несущий слой основания); 4- песок (дополнительный слой основания).

**Таблица 3.5 – Толщины конструктивных слоёв дорожных одежд с покрытием из камней/плит мощения класса N2.**

Грунт основания	УГВ = Н, м	$h_{\text{плит}}/h_{\text{кам}}$ , см	$h_{\text{щеб}}$ , см	$h_{\text{пес}}$ , см
1. Супесь лёгкая	$H \geq 1,65$	8	19	35
	$1,25 \leq H < 1,65$			45
	$H \leq 1,25$			60
	$H \geq 1,65$	5	20	40
	$1,25 \leq H < 1,65$			50
	$H \leq 1,25$			65
2. Суглинок лёгкий, суглинок тяжёлый, глина	$H \geq 1,65$	8	20	49
	$1,25 \leq H < 1,65$			60
	$H \leq 1,25$			64
	$H \geq 1,65$	5	20	54
	$1,25 \leq H < 1,65$			64
	$H \leq 1,25$			68
3. Супесь тяжёлая пылеватая, супесь пылеватая, суглинок лёгкий пылеватый	$H \geq 1,65$	8	19	65
	$1,25 \leq H < 1,65$			76
	$H \leq 1,25$			80
	$H \geq 1,65$	5	20	65
	$1,25 \leq H < 1,65$			76
	$H \leq 1,25$			80
4. Песок крупно-, средне- и мелко-зернистый	$H \geq 1,65$	8	17	15
	$1,25 \leq H < 1,65$			20
	$H \leq 1,25$			30
	$H \geq 1,65$	5	21	15
	$1,25 \leq H < 1,65$			20
	$H \leq 1,25$			30

**Таблица 3.6 – Толщины конструктивных слоёв дорожных одежд с покрытием из камней/плит мощения класса НЗ.**

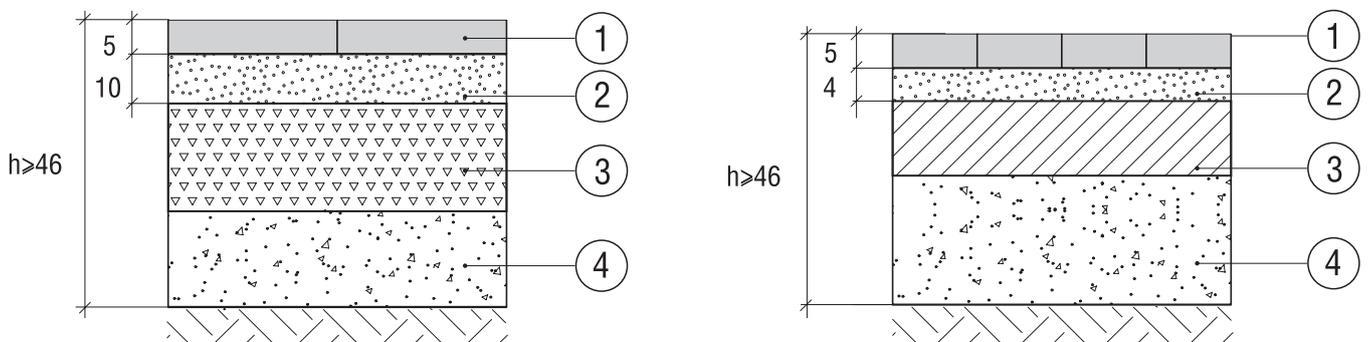
Грунт основания	УГВ = Н, м	$h_k$ , см	$h_{щ\epsilon\beta}$ , см	$h_{пес}$ , см
1. Супесь лёгкая	$H \geq 1,65$	6	20	41
	$1,25 \leq H < 1,65$			50
	$H \leq 1,25$			61
2. Суглинок лёгкий, суглинок тяжелый, глина	$H \geq 1,65$	6	20	50
	$1,25 \leq H < 1,65$			66
	$H \leq 1,25$			68
3. Супесь тяжелая пылеватая, супесь пылеватая, суглинок лёгкий пылеватый	$H \geq 1,65$	6	20	65
	$1,25 \leq H < 1,65$			75
	$H \leq 1,25$			80
4. Песок крупно-, средне- и мелко -зернистый	$H \geq 1,65$	6	21	15
	$1,25 \leq H < 1,65$			20
	$H \leq 1,25$			30

## 3.3. Индивидуальные частные объекты

### 3.3.1. Конструкции класса N1

Конструкции дорожных одежд класса N1 для пешеходного движения с покрытием из камней/плит мощения. Например, пешеходные дорожки вокруг дома, от дома к водоему, хозяйственным построй-

кам, площадки для барбекю, отдыха и т. д. Примеры конструкций представлены на рис. 3.4 (а, б). Минимальная толщина дорожной одежды – 46 см (табл. 3.3).



**а) с покрытием из плит**

**б) с покрытием из камней мощения**

**Рис. 3.4. Конструкция дорожной одежды класса N1**

1-покрытие из камней/плит мощения с заполнением швов растворами tubag; 2- подстилающий слой из растворов tubag; 3 -щебень / дренажный бетон (несущий слой основания); 4- песок (дополнительный слой основания).



### 3.3.2. Конструкции класса N2

Дорожные одежды класса N2 (рис. 3.5) рассчитаны на нагрузки от пешеходов и от заезда автомобилей до 3,5 тонн (например, автомобильные проезды на участок и парковки для легковых автомобилей).

В расчетах дорожных одежд приняты следующие исходные данные:

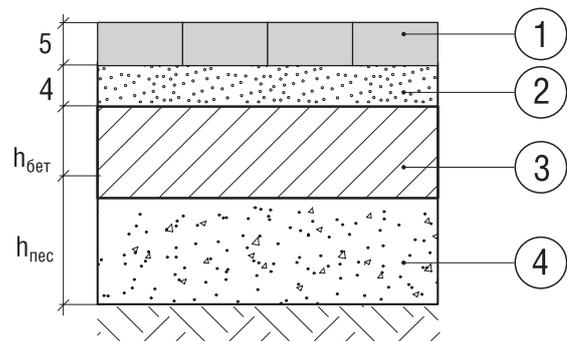
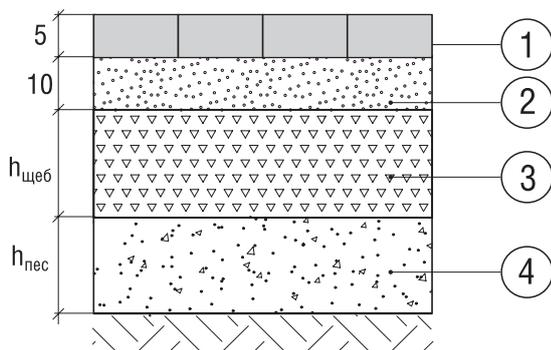
- дорожно-климатическая зона – II, подзона 1 [3].
- техническая категория дороги – V;
- тип дорожной одежды - облегченный;
- расчетный срок службы покрытия в зависимости от категории дороги (10 лет);
- суммарное число приложения приведенной расчетной нагрузки к расчетной точке на поверхности конструкции за срок службы  $\sum N_p = 8000$ ;
- параметры нагрузок приведены в п. 3.1;

- глубина промерзания грунтов принята равной 1,5 м для песчаных и 1,3 м для глинистых (по результатам многолетних наблюдений);

- изоляция термосопротивления грунтов №5 [3].

Расчеты проводились на сдвигоустойчивость, статическую нагрузку, морозоустойчивость и дренирующий слой. Для конструкций дорожных одежд, в основании которых песок пылеватый дренирующий слой не рассчитывался, т.к. для этих конструкций он не требуется - глубина промерзания меньше УГВ, а основание имеет требуемые для водоотвода свойства.

Результаты расчетов для конструкций N2 приведены в таблице 3.7.



а) несущий слой из щебня

б) несущий слой из дренажного бетона.

Рис. 3.5. Конструкция дорожной одежды класса N2:

1-покрытие из камней мощения с заполнением швов растворами tubag; 2- подстилающий слой из раствора TDM; 3- щебень / дренажный бетон (несущий слой основания); 4- песок .

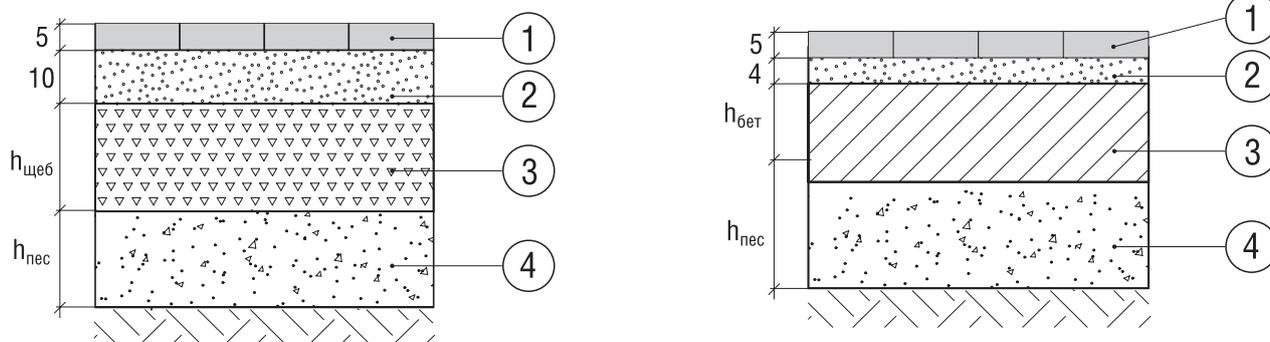
**Таблица 3.7 – Толщины конструктивных слоёв дорожных одежд с покрытием из камней мощения класса N2.**

Грунт основания	УГВ = Н, м	$h_k$ , см	$h_{ЩЕБ}/h_{БЕТ}$ , см	$h_{ПЕС}$ , см
1. Супесь лёгкая	$H \geq 1,65$	5	20	45
	$1,25 \leq H < 1,65$			50
	$H \leq 1,25$			62
	$H \geq 1,65$		25	50
	$1,25 \leq H < 1,65$			55
	$H \leq 1,25$			66
2. Суглинок лёгкий, суглинок тяжёлый, глина	$H \geq 1,65$	5	21	48
	$1,25 \leq H < 1,65$			62
	$H \leq 1,25$			66
	$H \geq 1,65$		25	52
	$1,25 \leq H < 1,65$			66
	$H \leq 1,25$			70
3. Супесь тяжёлая пылеватая, супесь пылеватая, суглинок лёгкий пылеватый	$H \geq 1,65$	5	21	65
	$1,25 \leq H < 1,65$			76
	$H \leq 1,25$			80
	$H \geq 1,65$		25	70
	$1,25 \leq H < 1,65$			77
	$H \leq 1,25$			80
4. Песок крупно-, средне- и мелко-зернистый	$H \geq 1,65$	5	21	15
	$1,25 \leq H < 1,65$			20
	$H \leq 1,25$			30
	$H \geq 1,65$		25	15
	$1,25 \leq H < 1,65$			20
	$H \leq 1,25$			30

### 3.3.3. Конструкции класса N3

Дорожные одежды класса N3 рассчитаны на нагрузки от пешеходов и от заезда автомобилей с осевой нагрузкой меньшей или равной 5 т/ось (например, хозяйственные проезды). Варианты конструкции дорожной одежды представлены на рис. 3.6. Согласно стандарта ZTV Wegebau «Дополнительные технические условия договора для строительства тротуаров, пешеходных дорожек и площадок за пределами про-

езжей части» [9] несущий слой дорожной одежды следует выполнять из дренажного бетона толщиной не менее 150 мм. Исходные данные для расчетов конструкций N3, за исключением нагрузок, аналогичны данным для конструкций N2 см. п.4.2.3. Результаты расчетов приведены в таблице 3.8.



а) несущий слой из щебня

б) несущий слой из дренажного бетона.

Рис. 3.6. Конструкция дорожной одежды класса N3

- 1-покрытие из камней мощения с заполнением швов растворами tubag;  
 2- подстилающий слой из раствора ТРМ-D; 3- щебень / дренажный бетон (несущий слой основания);  
 4- песок (дополнительный слой основания).

**Таблица 3.8 – Толщины конструктивных слоёв дорожных одежд с покрытием из камней мощения класса N3.**

Грунт основания	УГВ = Н, м	$h_k$ , см	$h_{\text{ЩЕБ}}/h_{\text{БЕТ}}$ , см	$h_{\text{ПЕС}}$ , см
1. Супесь лёгкая	$H \geq 1,65$	5	20	56
	$1,25 \leq H < 1,65$			50
	$H \leq 1,25$			62
	$H \geq 1,65$		25	45
	$1,25 \leq H < 1,65$			55
	$H \leq 1,25$			66
2. Суглинок лёгкий, суглинок тяжёлый, глина	$H \geq 1,65$	5	21	48
	$1,25 \leq H < 1,65$			62
	$H \leq 1,25$			66
	$H \geq 1,65$		25	52
	$1,25 \leq H < 1,65$			66
	$H \leq 1,25$			70
3. Супесь тяжёлая пылеватая, супесь пылеватая, суглинок лёгкий пылеватый	$H \geq 1,65$	5	20	65
	$1,25 \leq H < 1,65$			76
	$H \leq 1,25$			80
	$H \geq 1,65$		25	65
	$1,25 \leq H < 1,65$			77
	$H \leq 1,25$			80
4. Песок крупно-, средне- и мелко -зернистый	$H \geq 1,65$	5	21	15
	$1,25 \leq H < 1,65$			20
	$H \leq 1,25$			30
	$H \geq 1,65$		25	15
	$1,25 \leq H < 1,65$			20
	$H \leq 1,25$			30

### 3.4. Конструкции автомобильных дорог

Дорожные одежды с покрытие из камней мощения для дорог IV категории (ГОСТ Р 52398-2005)– это дорожные одежды с покрытием шириной от 3,5 метров, рассчитанные для движения автотранспортных средств с частотой приложения нагрузки от 110000 ед. и массой до 10 т/ось (нагрузка А1), а также для единичного проезда пожарной техники с нагрузкой 16 т/ось. Конструкция представлена на рис. 3.7.

В расчетах дорожных одежд приняты следующие исходные данные:

- дорожно-климатическая зона – II, подзона 1 [5].
- техническая категория дороги – IV;
- тип дорожной одежды - облегченный;
- расчетный срок службы покрытия в зависимости

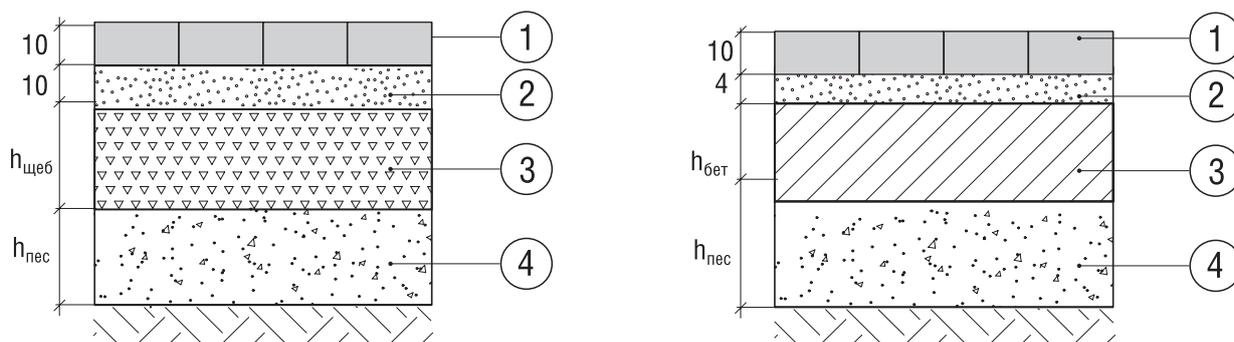
от категории дороги (10 лет);

Для пожарных проездов.

В расчетах дорожных одежд приняты следующие исходные данные:

- дорожно-климатическая зона – II, подзона 1 [5].
- техническая категория дороги – V;
- тип дорожной одежды - облегченный;
- расчетный срок службы покрытия в зависимости от категории дороги (10 лет);
- суммарное число приложения приведенной расчетной нагрузки к расчетной точке на поверхности конструкции за срок службы  $\sum N_p = 110000$  (для пожарных машин 1000 ед.).

Результаты расчетов приведены в таблице 3.9.



а) несущий слой из щебня

б) несущий слой из дренажного бетона.

Рис. 3.7. Конструкция дорожной одежды с покрытием из камней мощения автомобильной дороги IV категории (с использованием растворов на основе вяжущих tubag):

1-камни мощения толщиной (высотой) 10 см с заполнением швов водонепроницаемыми растворами PFH или PFH-light; 2-подстилающий слой из трассового дренажного раствора ТРМ-D; 3-несущее основание из щебня / дренажного бетона; 4-дополнительный слой основания из песка

**Таблица 3.9 – Толщины конструктивных слоёв дорожных одежд с покрытием из камней мощения автомобильных дорог IV категории.**

Грунт основания	УГВ = Н, м	$h_k$ , см	$h_{\text{ЩЕБ}}/h_{\text{Д.БЕТ}}$ , см	$h_{\text{ПЕС}}$ , см
1. Супесь лёгкая	$H \geq 1,65$	10	35	51
	$1,25 \leq H < 1,65$			
	$H \leq 1,25$			
	$H \geq 1,65$		32	51
	$1,25 \leq H < 1,65$			
	$H \leq 1,25$			
2. Суглинок лёгкий, суглинок тяжёлый, глина	$H \geq 1,65$	10	35	61
	$1,25 \leq H < 1,65$			
	$H \leq 1,25$			
	$H \geq 1,65$		31	61
	$1,25 \leq H < 1,65$			
	$H \leq 1,25$			
3. Супесь тяжёлая пылеватая, супесь пылеватая, суглинок лёгкий пылеватый	$H \geq 1,65$	10	35	75
	$1,25 \leq H < 1,65$			
	$H \leq 1,25$			
	$H \geq 1,65$		31	80
	$1,25 \leq H < 1,65$			
	$H \leq 1,25$			
4. Песок крупно-, средне- и мелко -зернистый	$H \geq 1,65$	10	36	30
	$1,25 \leq H < 1,65$			
	$H \leq 1,25$			
	$H \geq 1,65$		31	25
	$1,25 \leq H < 1,65$			
	$H \leq 1,25$			

## 4 Литература

1. Директивы по стандартизации дорожной одежды дорог, улиц и других транспортных сооружений (пер.с нем. АО “Зиверт Рус”). Научно-исследовательское общество по дорожному строительству и транспорту. Кельн, 2012 г.
2. Дорожные конструкции для г. Москвы. Типовые конструкции. СК 6101-2010. Правительство Москвы. Комитет по архитектуре и градостроительству ГУП “Мосинжпроект”. М., 2010 г.
3. Дорожные конструкции для Ленинграда. Альбом А-385-88. Выпуск 1. Дорожные одежды. Главное управление архитектуры и градостроительства исполкома Ленсовета. Институт “Ленгипроинжпроект”. Ленинград, 1989 г.
4. Мощение с применением растворов на основе вяжущих. АО “Квик-микс”, 2015 г.
5. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд.
6. ОДМ 218.5.003-2010 Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог.
7. СП 34.1330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\* (с изменением № 1).
8. Типовые конструкции дорожных одежд городских дорог/МЖКХ РСФСР им. К. Д. Памфилова. – М.: Стройиздат, 1984 г.
9. ZTV Wegebau “Дополнительные технические условия договора для строительства тротуаров, пешеходных дорожек и площадок за пределами проезжей части” (пер. с нем. АО “Зиверт Рус”). ZTV Дорожное строительство. (Издание 2013 г. Исследовательское общество ландшафтного проектирования и строительства (FLL) Фриденсплатц,4, 53111 Бонн).
10. Pflaster Atlas (“Атлас мостовой”). Planung, Konstruktion und Herstellung. Prof. Dr.%Ing. Horst Mentlein. Berlin, 2009.

# Приложение 1

## Примеры расчетов

### Пример расчета конструкции класса N2

для муниципальных и коммерческих объектов (табл. 3.5): грунт основания – супесь легкая; уровень грунтовых вод – УГВ:  $1,25 \leq H < 1,65$ ; плита мощения – 8 см; подстилающий слой из трассового дренажного бетона tubag – 10 см; несущее основание из щебня – 19 см; дополнительный слой основания из песка – 45 см.

#### Расчёт конструкции дорожной одежды

##### Исходные данные

Название объекта: Автомобильная дорога

Выполняемые расчёты: На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, морозоустойчивость

Дорожно-климатическая зона: II - подзона 1

Схема увлажнения: Схема 3

Расчётная влажность грунта

Среднее многолетнее значение относительной влажности грунта  $W_{\text{таб}} = 0,65$

Коэффициент нормированного отклонения  $t = 0,84$  [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]

$W_p = (W_{\text{таб}} + \Delta_1 W - \Delta_2 W) \times (1 + 0,1 \times t) - \Delta_3 = (0,65 + 0 - 0) \times (1 + 0,1 \times 0,84) - 0 = 0,7$  [1, формула П.2.1]

Коэффициент уплотнения грунта: 1,02

Глубина промерзания грунтов, м: 1,30

##### Проектные данные

Техническая категория дороги: IV категория

Тип дорожной одежды: Переходный

Требуемые коэффициенты прочности при заданной надёжности  $K_n = 0,8$  [1, табл. 3.1]:

Требуемый  $K_{\text{пр}}$  (упругий прогиб): 1,02

Требуемый  $K_{\text{пр}}$  (сдвиг, изгиб): 0,87

Коэффициент нормированного отклонения  $t = 0,84$

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: 22,00

Статическая нагрузка на ось  $Q$ , кН: 30,00

##### Суммарное число приложений нагрузки

$\sum N_p = 15850$  ед.

Требуемый модуль упругости

$$E_{\text{тр}} = 98,65 \times (\lg \sum N_p - c) = 98,65 \times (\lg 15850 - 3,55) \approx 64,13 \text{ МПа}$$



## ТИП

### 1) Конструктивный слой № 1: 18,0 см

Плитка с раствором tubag (8 см) + подстилающий слой (10см),  $E = 16000,0$  МПа

### 2) Конструктивный слой № 2: 19,0 см

Щебень фракционированный 40..80 (80..120) мм легкоуплотняемый с заклиной фракционированным мелким щебнем,  $E = 350,0$  МПа

### 3) Конструктивный слой № 3: 45,0 см

Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%

$E = 120,0$  МПа,  $\phi = 28,94^\circ$ ,  $\phi_{\text{стат.}} = 33,00^\circ$ ,  $c = 0,00300$  МПа

### Грунт земляного полотна

Супесь лёгкая

$E = 48,6$  МПа,  $\phi = 16,81^\circ$ ,  $\phi_{\text{стат.}} = 35,00^\circ$ ,  $c = 0,00584$  МПа

## Расчёт на сдвигоустойчивость

### Конструктивный слой № 3

Материал: Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%

$E = 120,0$  МПа,  $\phi = 28,94^\circ$ ,  $\phi_{\text{стат.}} = 33,00^\circ$ ,  $c = 0,00300$  МПа

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

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^2 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^2 h_i} = \frac{740 \times 18 + 350 \times 19}{18 + 19} = 539,7 \text{ МПа}$$

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

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{539,7}{96,8} = 5,57; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{37}{22} = 1,68; \quad \tau_{\text{н}} \approx 0,0165 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_{\text{н}} \times p = 0,0165 \times 0,6 = 0,0099 \text{ МПа}$$

Коэффициент  $k_d = 2$

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 18 + 19 = 37 \text{ см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2400 \times 18 + 1750 \times 19}{18 + 19} = 2066 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,0021 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_d \times c_n + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times \text{tg} \phi_{\text{стат.}} = 2 \times 0,003 + 0,1 \times 0,0021 \times 37 \times \text{tg} 33^\circ \approx 0,011 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,011}{0,0099} = 1,11; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{1,11 - 0,87}{0,87} \times 100\% = 27,6\%$$

### Грунт земляного полотна

Материал: Супесь лёгкая

$E = 48,6$  МПа,  $\phi = 16,81^\circ$ ,  $\phi_{\text{стат.}} = 35,00^\circ$ ,  $c = 0,00584$  МПа

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

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^3 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^3 h_i} = \frac{740 \times 18 + 350 \times 19 + 120 \times 45}{18 + 19 + 45} = 309,4 \text{ МПа}$$

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

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{309,4}{48,6} = 6,36; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{82}{22} = 3,73; \quad \tau_{\text{н}} \approx 0,0063 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_{\text{н}} \times p = 0,0063 \times 0,6 = 0,0038 \text{ МПа}$$

Коэффициент  $k_{\text{д}} = 1$

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 18 + 19 + 45 = 82 \text{ см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2400 \times 18 + 1750 \times 19 + 1900 \times 45}{18 + 19 + 45} = 1975 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,002 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_{\text{д}} \times c_{\text{н}} + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times \text{tg}\phi_{\text{стат.}} = 1 \times 0,006 + 0,1 \times 0,002 \times 82 \times \text{tg}35^\circ \approx 0,0173 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,0173}{0,0038} = 4,56; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{4,56 - 0,87}{0,87} \times 100\% = 424,1\%$$

### Расчёт на изгиб

Класс бетона на растяжение при изгибе  $B_{\text{тб}} = 2,8$

Коэффициент набора прочности со временем  $K_{\text{н.п.}} = 1,2$

Коэффициент, учитывающий воздействие попеременного замораживания-оттаивания,  $K_{\text{Ф}} = 0,95$

Коэффициент усталости бетона при повторном нагружении [2, формула 3.8]

$$K_{\text{у}} = 1,08 \times (\sum N_{\text{р}})^{-0,063} = 1,08 \times 15850^{-0,063} \approx 0,59$$

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

$$R_{\text{р.и. расч.}} = B_{\text{тб}} \times K_{\text{н.п.}} \times K_{\text{у}} \times K_{\text{Ф}} = 2,8 \times 1,2 \times 0,59 \times 0,95 = 1,87 \text{ МПа}$$

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,  $K_{\text{т}} = 0,9$  [2, формула 3.4]

Радиус отпечатка колеса [2, формула 3.10]

$$R = \sqrt{\frac{Q}{0,1 \times \pi \times p}} = \sqrt{\frac{19,5}{0,1 \times \pi \times 0,6}} = 10,17 \text{ см}$$

Послойное вычисление эквивалентного модуля упругости [2, формула 3.12, 3.13]

Диаметр отпечатка колеса  $D = 50 \text{ см}$

$E_{\text{г}}^{\text{э}} = 48,63 \text{ МПа}$

$$h_3 = 45 \text{ см}; \quad h_3 = 2 \times h_3 \times \sqrt[3]{\frac{E_3}{6 \times E_{\text{общ}}^{\text{г}}}} = 2 \times 45 \times \sqrt[3]{\frac{120}{6 \times 48,63}} = 66,93 \text{ см};$$

$$E_3^{\text{э}} = \frac{E_3}{0,71 \times \sqrt{\frac{E_{\text{общ}}^{\text{г}}}{E_3}} \times \text{arctg}\left(\frac{1,35 \times h_3}{D}\right) + \frac{E_3}{E_{\text{общ}}^{\text{г}}} \times \frac{2}{\pi} \times \text{arctg}\frac{D}{h}} =$$

$$\frac{120}{0,71 \times \sqrt{\frac{49}{120}} \times \text{arctg}\left(\frac{1,35 \times 66,93}{50}\right) + \frac{120}{49} \times \frac{2}{\pi} \times \text{arctg}\frac{50}{66,93}} = 76,55 \text{ МПа};$$

$$h_2 = 19 \text{ см}; \quad h_3 = 2 \times h_2 \times \sqrt[3]{\frac{E_2}{6 \times E_{\text{общ}}^3}} = 2 \times 19 \times \sqrt[3]{\frac{350}{6 \times 76,55}} = 34,71 \text{ см};$$

$$E_2^3 = \frac{E_2}{0,71 \times \sqrt{\frac{E_{\text{общ}}^3}{E_2}} \times \arctg\left(\frac{1,35 \times h_3}{D}\right) + \frac{E_2}{E_{\text{общ}}^3} \times \frac{2}{\pi} \times \arctg \frac{D}{h}} =$$

$$\frac{350}{0,71 \times \sqrt{\frac{77}{350}} \times \arctg\left(\frac{1,35 \times 34,71}{50}\right) + \frac{350}{77} \times \frac{2}{\pi} \times \arctg \frac{50}{34,71}} = 111,89 \text{ МПа};$$

Эквивалентный модуль упругости основания  $E_0^3 = 111,89 \text{ МПа}$ ;  
Упругая характеристика плиты [2, формула 3.11]

$$l_y = h \times \sqrt[3]{\frac{E \times (1 - \mu_0^2)}{6 \times E_0^3 \times (1 - \mu^2)}} = 18 \times \sqrt[3]{\frac{16000 \times (1 - 0,3^2)}{6 \times 111,89 \times (1 - 0,2^2)}} \approx 50,88 \text{ см}$$

По первой расчётной схеме напряжения  $\sigma_{\text{пт}}$  (МПа) определяются, исходя из решений теории упругости, по следующей аппроксимирующей зависимости, отражающей наличие контакта плиты с основанием [2, формула 3.9]

$$\sigma_{\text{пт}} = \frac{Q \times K_M \times 60 \times K_y \times K_{\text{шт}}}{h^2 \times K_t} \times (0,0592 - 0,2137 \times \lg \frac{R}{l_y}) =$$

$$\frac{20 \times 1 \times 60 \times 0,66 \times 1,05}{18^2 \times 0,9} \times (0,0592 - 0,2137 \times \lg \frac{10,17}{50,88}) = 0,58 \text{ МПа}$$

Кривая зависимости  $K_y = f(h)$ , построенная для множества значений возможных толщин покрытия, пересекается с требуемым значением  $K_y = f(\sum N_p)$  при  $h_{\text{тр.}} = 2 \text{ см}$

$$h_{\text{тр.}} < h_0$$

### Результаты расчёта на морозоустойчивость

Материал грунта: Супесь лёгкая

Группа грунта по степени пучинистости 3

Высота насыпи 0 м, уровень грунтовых вод 1,5 м, толщина конструкции 0,82 м

Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды)  $H_y = 0 \text{ м} + 1,5 \text{ м} - 0,82 \text{ м} = 0,68 \text{ м}$

Величина морозного пучения при усреднённых условиях и глубине промерзания 1,30 м [1, номогр. 4.3]

$l_{\text{пуч.ср.2}} = 3,51 \text{ см}$

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

$$K_{\text{угв}} = 0,7819$$

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

$$K_{\text{пл}} = 0,8$$

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

$$K_{\text{гр}} = 1,1$$

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

$$K_{\text{нагр}} = 1,11$$

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

$$K_{\text{вл}} = 1,1$$

Величина возможного морозного пучения [1, формула 4.2]

$$l_{\text{пуч}} = l_{\text{пуч.ср.}} \times K_{\text{угв}} \times K_{\text{пл}} \times K_{\text{гр}} \times K_{\text{нагр}} \times K_{\text{вл}} = 3,51 \times 0,7819 \times 0,8 \times 1,1 \times 1,11 \times 1,1 = 2,96 \text{ см}$$

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

Ожидаемая пучинистость грунта 2,96 см < допустимой 3,00 см  
Морозоустойчивость конструкции обеспечена.

Исходные данные

Название объекта	Автомобильная дорога		
Район проектирования			
Выполняемые расчёты	На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, морозоустойчивость		
Техническая категория дороги	IV категория	Дорожно-климатическая зона	II - подзона 1
Тип дорожной одежды	Переходный	Схема увлажнения	Схема 3
Число полос движения (в обе стороны)	2	Коэффициент уплотнения грунта	1,02
Номер расчётной полосы от обочины	1	Суммарное число приложений нагрузки	15850
Уклоны в местах перелома профиля, %	—	Расчётное количество дней в году Трдг	140
Расчётная влажность грунта Wp	0,70	Расчётный срок службы Тсп, лет	10
Нагрузка, кН / Давление, МПа / D штампа, см	30 / 0,60 / 22		
Заданная надёжность Кн	0,80	Глубина промерзания грунтов, м	1,30

№ варианта	Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см	Расчётные характеристики			Морозоустойчивость
			Упругий прогиб, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа	
ТИП	1. Конструктивный слой № 1 — Плитка с растрогом tubag (8 см) + подстилающий слой (10см)		Еупр = 16000	Есдв = 740	Еизг = 16000 Нmin = 2,0 см Запас = 16,0 см	
	2. Конструктивный слой № 2 — Щебень фракционированный 40..80 (80..120) мм легкоуплотняемый с заклинкой фракционированным мелким щебнем		Еупр = 350	Есдв = 350	Еизг = 350	
	3. Конструктивный слой № 3 — Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%		Еупр = 120	Есдв = 120 Ктр = 0,870 Красч = 1,110 Запас = 28%	Еизг = 120	
	Грунт земляного полотна — Супесь лёгкая		Еупр = 49	Есдв = 49 Ктр = 0,870 Красч = 4,560 Запас = 424%		Лдоп = 3 см Ллуч = 3 см Запас = 0 см

## Пример расчета конструкции класса N3

для индивидуальных частных участков (табл. 3.8): грунт земляного полотна суглинок лёгкий, суглинок тяжелый, глина; уровень грунтовых вод -УГВ:  $H \geq 1,65$ ; камень мощения - 5 см; подстилающий слой из трассового дренажного бетона - 10 см; несущее основание из щебня - 21 см; дополнительное основание из песка - 48 см.

### Расчёт конструкции дорожной одежды

#### Исходные данные

Название объекта: Автомобильная дорога

Выполняемые расчёты: На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, морозоустойчивость

Дорожно-климатическая зона: II - подзона 1

Схема увлажнения: Схема 3

Расчётная влажность грунта

Среднее многолетнее значение относительной влажности грунта  $W_{\text{таб}} = 0,65$

Коэффициент нормированного отклонения  $t = 0,84$  [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]

$W_p = (W_{\text{таб}} + \Delta_1 W - \Delta_2 W) \times (1 + 0,1 \times t) - \Delta_3 = (0,65 + 0 - 0) \times (1 + 0,1 \times 0,84) - 0 = 0,7$  [1, формула П.2.1]

Коэффициент уплотнения грунта: 1,02

Глубина промерзания грунтов, м: 1,50

#### Проектные данные

Техническая категория дороги: IV категория

Тип дорожной одежды: Переходный

Требуемые коэффициенты прочности при заданной надёжности  $K_n = 0,8$  [1, табл. 3.1]:

Требуемый  $K_{\text{пр}}$  (упругий прогиб): 1,02

Требуемый  $K_{\text{пр}}$  (сдвиг, изгиб): 0,87

Коэффициент нормированного отклонения  $t = 0,84$

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: 23,00

Статическая нагрузка на ось  $Q$ , кН: 50,00

#### Суммарное число приложений нагрузки

$\sum N_p = 8000$  ед.

Требуемый модуль упругости

$$E_{\text{тр}} = 98,65 \times (\lg \sum N_p - c) = 98,65 \times (\lg 8000 - 3,55) \approx 34,83 \text{ МПа}$$

## ТИП(щеб)

### 1) Конструктивный слой № 1: 15,0 см

Камни мощения с раствором tubag (5 см) + подстилающий слой (10 см),  $E = 16000,0$  МПа

### 2) Конструктивный слой № 2: 21,0 см

Щебень фракционированный 40..80 (80..120) мм легкоуплотняемый с заклиной фракционированным мелким щебнем,  $E = 350,0$  МПа

### 3) Конструктивный слой № 3: 48,0 см

Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%

$E = 120,0$  МПа,  $\phi = 29,22^\circ$ ,  $\phi_{\text{стат.}} = 33,00^\circ$ ,  $c = 0,00322$  МПа

### Грунт земляного полотна

Суглинок лёгкий

$E = 40,4$  МПа,  $\phi = 9,06^\circ$ ,  $\phi_{\text{стат.}} = 17,72^\circ$ ,  $c = 0,00959$  МПа

## Расчёт на сдвигоустойчивость

### Конструктивный слой № 3

Материал: Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%

$E = 120,0$  МПа,  $\phi = 29,22^\circ$ ,  $\phi_{\text{стат.}} = 33,00^\circ$ ,  $c = 0,00322$  МПа

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

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^2 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^2 h_i} = \frac{740 \times 15 + 350 \times 21}{15 + 21} = 512,5 \text{ МПа}$$

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

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{512,5}{92} = 5,57; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{36}{23} = 1,57; \quad \tau_{\text{н}} \approx 0,0187 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_{\text{н}} \times p = 0,0187 \times 0,6 = 0,0112 \text{ МПа}$$

Коэффициент  $k_d = 2$

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 15 + 21 = 36 \text{ см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2400 \times 15 + 1750 \times 21}{15 + 21} = 2021 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,002 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_d \times c_n + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times tg\phi_{\text{стат.}} = 2 \times 0,003 + 0,1 \times 0,002 \times 36 \times tg33^\circ \approx 0,0107 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,0107}{0,0112} = 0,96; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{0,96 - 0,87}{0,87} \times 100\% = 10,3\%$$

### Грунт земляного полотна

Материал: Суглинок лёгкий

$E = 40,4$  МПа,  $\phi = 9,06^\circ$ ,  $\phi_{\text{стат.}} = 17,72^\circ$ ,  $c = 0,00959$  МПа

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

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^3 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^3 h_i} = \frac{740 \times 15 + 350 \times 21 + 120 \times 48}{15 + 21 + 48} = 288,2 \text{ МПа}$$

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

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{288,2}{40,4} = 7,14; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{84}{23} = 3,65; \quad \tau_{\text{н}} \approx 0,0078 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_{\text{н}} \times p = 0,0078 \times 0,6 = 0,0047 \text{ МПа}$$

Коэффициент  $k_d = 1$

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 15 + 21 + 48 = 84 \text{ см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2400 \times 15 + 1750 \times 21 + 1900 \times 48}{15 + 21 + 48} = 1952 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,002 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_d \times c_n + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times tg\phi_{\text{стат.}} = 1 \times 0,01 + 0,1 \times 0,002 \times 84 \times tg17,72^\circ \approx 0,0152 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,0152}{0,0047} = 3,24; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{3,24 - 0,87}{0,87} \times 100\% = 272,4\%$$

### Расчёт на изгиб

Класс бетона на растяжение при изгибе  $B_{\text{тб}} = 2,8$

Коэффициент набора прочности со временем  $K_{\text{н.п.}} = 1,2$

Коэффициент, учитывающий воздействие попеременного замораживания-оттаивания,  $K_{\text{Ф}} = 0,95$

Коэффициент усталости бетона при повторном нагружении [2, формула 3.8]

$$K_{\text{у}} = 1,08 \times \left(\sum N_{\text{р}}\right)^{-0,063} = 1,08 \times 8000^{-0,063} \approx 0,61$$

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

$$R_{\text{р.и. расч.}} = B_{\text{тб}} \times K_{\text{н.п.}} \times K_{\text{у}} \times K_{\text{Ф}} = 2,8 \times 1,2 \times 0,61 \times 0,95 = 1,96 \text{ МПа}$$

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,  $K_{\text{т}} = 0,95$  [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  $D = 50 \text{ см}$

$E_{\text{г}}^{\text{э}} = 40,36 \text{ МПа}$

$$h_3 = 48 \text{ см}; \quad h_3^{\text{э}} = 2 \times h_3 \times \sqrt[3]{\frac{E_3}{6 \times E_{\text{общ}}^{\text{г}}}} = 2 \times 48 \times \sqrt[3]{\frac{120}{6 \times 40,36}} = 75,97 \text{ см};$$

$$E_3^{\text{э}} = \frac{E_3}{0,71 \times \sqrt{\frac{E_{\text{общ}}^{\text{г}}}{E_3}} \times \arctg\left(\frac{1,35 \times h_3^{\text{э}}}{D}\right) + \frac{E_3}{E_{\text{общ}}^{\text{г}}} \times \frac{2}{\pi} \times \arctg \frac{D}{h}} =$$

$$\frac{120}{0,71 \times \sqrt{\frac{40}{120}} \times \arctg\left(\frac{1,35 \times 75,97}{50}\right) + \frac{120}{40} \times \frac{2}{\pi} \times \arctg \frac{50}{75,97}} = 72,57 \text{ МПа};$$

$$h_2 = 21 \text{ см}; \quad h_{\text{э}} = 2 \times h_2 \times \sqrt[3]{\frac{E_2}{6 \times E_{\text{обш}}^3}} = 2 \times 21 \times \sqrt[3]{\frac{350}{6 \times 72,57}} = 39,05 \text{ см};$$

$$E_2^{\text{э}} = \frac{E_2}{0,71 \times \sqrt{\frac{E_{\text{обш}}^3}{E_2}} \times \arctg\left(\frac{1,35 \times h_{\text{э}}}{D}\right) + \frac{E_2}{E_{\text{обш}}^3} \times \frac{2}{\pi} \times \arctg \frac{D}{h}} =$$

$$\frac{350}{0,71 \times \sqrt{\frac{73}{350}} \times \arctg\left(\frac{1,35 \times 39,05}{50}\right) + \frac{350}{73} \times \frac{2}{\pi} \times \arctg \frac{50}{39,05}} = 111,89 \text{ МПа};$$

Эквивалентный модуль упругости основания  $E_0^{\text{э}} = 111,89 \text{ МПа}$ ;

Упругая характеристика плиты [2, формула 3.11]

$$l_y = h \times \sqrt[3]{\frac{E \times (1 - \mu_0^2)}{6 \times E_0^{\text{э}} \times (1 - \mu^2)}} = 15 \times \sqrt[3]{\frac{16000 \times (1 - 0,3^2)}{6 \times 111,89 \times (1 - 0,2^2)}} \approx 42,4 \text{ см}$$

По первой расчётной схеме напряжения  $\sigma_{\text{пт}}$  (МПа) определяются, исходя из решений теории упругости, по следующей аппроксимирующей зависимости, отражающей наличие контакта плиты с основанием [2, формула 3.9]

$$\sigma_{\text{пт}} = \frac{Q \times K_{\text{м}} \times 60 \times K_{\text{y}} \times K_{\text{шт}}}{h^2 \times K_{\text{т}}} \times (0,0592 - 0,2137 \times \lg \frac{R}{l_y}) =$$

$$\frac{33 \times 1 \times 60 \times 0,66 \times 1,05}{15^2 \times 0,95} \times (0,0592 - 0,2137 \times \lg \frac{13,13}{42,4}) = 1,06 \text{ МПа}$$

Кривая зависимости  $K_y = f(h)$ , построенная для множества значений возможных толщин покрытия, пересекается с требуемым значением  $K_y = f(\sum N_p)$  при  $h_{\text{тр.}} = 2 \text{ см}$

$$h_{\text{тр.}} < h_0$$

### Результаты расчёта на морозоустойчивость

Материал грунта: Суглинок лёгкий

Группа грунта по степени пучинистости 3

Высота насыпи 0 м, уровень грунтовых вод 2 м, толщина конструкции 0,84 м

Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды)  $H_y = 0 \text{ м} + 2 \text{ м} - 0,84 \text{ м} = 1,16 \text{ м}$

Величина морозного пучения при усреднённых условиях и глубине промерзания 1,50 м [1, номогр. 4.3]

$l_{\text{пуч.ср.2}} = 3,41 \text{ см}$

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

$K_{\text{угв}} = 0,7437$

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

$K_{\text{пл}} = 0,8$

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

$K_{\text{гр}} = 1,3$

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

$K_{\text{нагр}} = 1,01$

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

$K_{\text{вл}} = 1,1$

Величина возможного морозного пучения [1, формула 4.2]

$$l_{\text{пуч}} = l_{\text{пуч.ср.}} \times K_{\text{угв}} \times K_{\text{пл}} \times K_{\text{гр}} \times K_{\text{нагр}} \times K_{\text{вл}} = 3,41 \times 0,7437 \times 0,8 \times 1,3 \times 1,01 \times 1,1 = 2,95 \text{ см}$$

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

Ожидаемая пучинистость грунта  $2,95 \text{ см} <$  допустимой  $3,00 \text{ см}$

Морозоустойчивость конструкции обеспечена.



Исходные данные

Название объекта	Автомобильная дорога		
Район проектирования			
Выполняемые расчеты	На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, морозостойчивость		
Техническая категория дороги	IV категория	Дорожно-климатическая зона	II - подзона 1
Тип дорожной одежды	Переходный	Схема улаживания	Схема 3
Число полос движения (в обе стороны)	2	Коэффициент уплотнения грунта	1,02
Номер расчётной полосы от обочины	1	Суммарное число приложений нагрузки	8000
Уклоны в местах перелома профиля, %	—	Расчётное количество дней в году Трдг	140
Расчётная влажность грунта Wp	0,70	Расчётный срок службы Тсл, лет	10
Нагрузка, кН / Давление, МПа / D штатпа, см	50 / 0,60 / 23		
Задачная надёжность Кн	0,80	Глубина промерзания грунтов, м	1,50

№ варианта	Наименование слоев и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см	Расчётные характеристики			Морозостойчивость
			Упругий прогиб, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа	
ТИП(ЦЕБ)	1. Конструктивный слой № 1 — Камни мостовая с раствором tubag (5 см) + подстилающий слой (10 см)		Еупр = 16000	Есдв = 740	Еизг = 16000 Нмин = 2,0 см Запас = 13,0 см	
	2. Конструктивный слой № 2 — Щебень фракционированный 40, 80, 120 мм легкоуплотняемый с заглавной фракционированным мелким щебнем		Еупр = 350	Есдв = 350	Еизг = 350	
	3. Конструктивный слой № 3 — Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%		Еупр = 120	Есдв = 120 Ктр = 0,870 Красч = 0,960 Запас = 10%	Еизг = 120	
	Грунт земляного полотна — Сулинок лёгкий		Еупр = 40	Есдв = 40 Ктр = 0,870 Красч = 3,240 Запас = 272%		Лдрп = 3 см Ллуч = 3 см Запас = 0 см

# Приложение 2

## Уточнение толщины подстилающего слоя в зависимости от марки растворов и вида основания

Приведенные в альбоме конструкции (раздел 3) назначались и рассчитывались исходя из немецких рекомендаций ZTV Wegebau [9] по минимальным толщинам подстилающих слоев, в зависимости от категории использования покрытий (N1, N2 и N3) и вида основания. Покрытие (включая камни/плиты мощения и подстилающий слой) моделировалось сплошной цементобетонной плитой с определенными характеристиками.

Такой подход, не позволяет, в случае необходимости, уточнить те или иные особенности конструкции дорожной одежды с учетом характеристик дренажного раствора для подстилающего слоя.

В качестве подстилающего слоя могут быть использованы различные марки растворов tubag: TDM (для дорожных одежд класса N1 и N2) и TPM-D (для дорожных одежд класса N3 и автомобильных дорог), которые отличаются по прочностным характеристикам. Подстилающий слой из раствора TDM сопоставим по классу с бетоном ~B15 (класс на изгиб Btb2,4), а TPM-D сопоставим с бетоном ~B25 (класс на изгиб Btb4,2). Характеристика растворов приведена в табл. П 2.1.

**Таблица П 2.1 - Характеристики растворов TDM и TPM-D**

Прочность	Раствор для подстилающего слоя и основания	
	TDM	TPM-D
- на сжатие, МПа	20	35

На практике, с целью оптимизации конструкции дорожных одежд, характеристики используемых растворов могут быть уточнены. В качестве примера, были рассчитаны конструкции дорожных одежд с покрытием из камней мощения высотой (толщиной) 6 см на различных основаниях: с подстилающим слоем толщиной 6 см из дренажного раствора TDM и из бетона TPM-D толщиной 4 см (см. рис. П.2.1).

Конструкции рассчитывались на нагрузку, характерную для дорожных покрытий класса N2 (табл.3.1) - полная масса автомобиля не более 3,5 тонн (фактически при расчете принимался автомобиль с полной массой 5 тонн) с частотой приложения нагрузки 15700 ед.

Результаты расчета представлены в табл. П 2.1.

Несмотря на значительную разницу в прочности материалов, это мало влияет на общую толщину дорожной одежды из-за относительно небольших нагрузок характерных для дорожных покрытий за пределами проезжей части и пучинистых грунтов, которые влекут устройство мощных дополнительных слоев основания.

Таким образом, теоретические расчеты с целью уточнения параметров подстилающего и несущего слоя, выполненных с использованием растворов tubag при необходимости могут быть произведены. Окончательно конструкция дорожной одежды с применением растворов на основе вяжущих tubag должна назначаться исходя из индивидуальных особенностей объекта, выполненных расчетов, практики эксплуатации подобных конструкций и рекомендаций ZTV Wegebau [9].

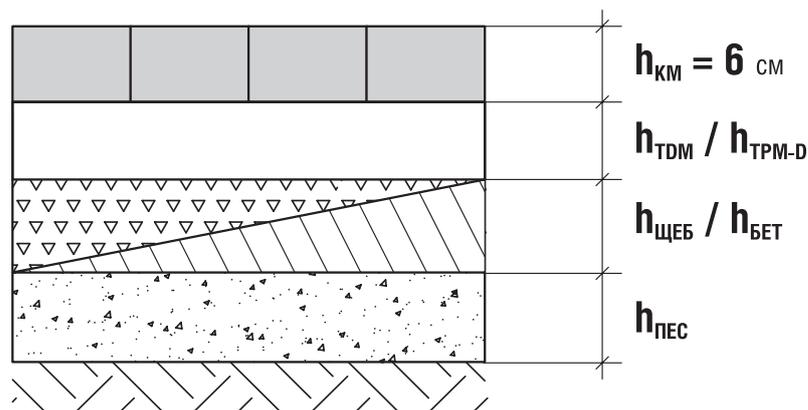


Рис. П.2.1. Конструкции дорожных одежд с уточненными характеристиками подстилающего слоя из растворов ТДМ и ТРМ-Д.

Таблица П 2.1 - Результаты расчета дорожных одежд класса N2 с подстилающим слоем из растворов ТДМ и ТРМ-Д на различных основаниях

Грунт основания	УГВ = Н, м	$h_{\text{ТДМ}}/h_{\text{ТРМ-Д}}$	$h_{\text{щеб}}/h_{\text{бет}}$	$h_{\text{пес}}$
1. Супесь лёгкая	$H \geq 1,65$	ТДМ 6+6	21/17	25щ/27б
	$1,25 \leq H < 1,65$			36щ/40б
	$H \leq 1,25$			61щ/64б
	$H \geq 1,65$	ТРМ-Д 6+4	24/21	21/24
	$1,25 \leq H < 1,65$			34/36
	$H \leq 1,25$			60/62
2. Суглинок лёгкий, суглинок тяжелый, глина	$H \geq 1,65$	ТДМ 6+6	21/17	57/61
	$1,25 \leq H < 1,65$			68/70
	$H \leq 1,25$			70/73
	$H \geq 1,65$	ТРМ-Д 6+4	24/21	55/59
	$1,25 \leq H < 1,65$			64/69
	$H \leq 1,25$			67/71
3. Супесь тяжелая пылеватая, супесь пылеватая, суглинок лёгкий пылеватый	$H \geq 1,65$	ТДМ 6+6	21/17	65/69
	$1,25 \leq H < 1,65$			76/79
	$H \leq 1,25$			80/82
	$H \geq 1,65$	ТРМ-Д 6+4	24/20	65/70
	$1,25 \leq H < 1,65$			73/77
	$H \leq 1,25$			76/80
4. Песок крупно-, средне- и мелко -зернистый	$H \geq 1,65$	ТДМ 6+6	21/17	15/15
	$1,25 \leq H < 1,65$			20/20
	$H \leq 1,25$			30/31
	$H \geq 1,65$	ТРМ-Д 6+4	21/20	15/15
	$1,25 \leq H < 1,65$			15/20
	$H \leq 1,25$			25/30

## Пример расчета

(грунт основания: супесь тяжелая пылеватая, супесь пылеватая, суглинок легкий пылеватый, УГВ:  $1,25 \leq H < 1,65$ ; подстилающий слой из раствора ТДМ 6 см; несущее основание – щебень/бетон)

### Расчёт конструкции дорожной одежды

#### Исходные данные

Название объекта: Автомобильная дорога

Выполняемые расчёты: На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, морозоустойчивость

Дорожно-климатическая зона: П - подзона 1

Схема увлажнения: Схема 3

Расчётная влажность грунта

Среднее многолетнее значение относительной влажности грунта  $W_{\text{таб}} = 0,65$

Коэффициент нормированного отклонения  $t = 0,84$  [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]

$W_p = (W_{\text{таб}} + \Delta_1 W - \Delta_2 W) \times (1 + 0,1 \times t) - \Delta_3 = (0,65 + 0 - 0) \times (1 + 0,1 \times 0,84) - 0 = 0,7$  [1, формула П.2.1]

Коэффициент уплотнения грунта: 1,02

Глубина промерзания грунтов, м: 1,25

#### Проектные данные

Техническая категория дороги: IV категория

Тип дорожной одежды: Переходный

Требуемые коэффициенты прочности при заданной надёжности  $K_n = 0,8$  [1, табл. 3.1]:

Требуемый  $K_{\text{пр}}$  (упругий прогиб): 1,02

Требуемый  $K_{\text{пр}}$  (сдвиг, изгиб): 0,87

Коэффициент нормированного отклонения  $t = 0,84$

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: 23,00

Статическая нагрузка на ось  $Q$ , кН: 50,00

#### Суммарное число приложений нагрузки

$\sum N_p = 15800$  ед.

Требуемый модуль упругости

$$E_{\text{тр}} = 98,65 \times (\lg \sum N_p - c) = 98,65 \times (\lg 15800 - 3,55) \approx 63,99 \text{ МПа}$$

## ТИП(щеб)

### 1) Конструктивный слой № 1: 12,0 см

TDM,  $E = 26000,0$  МПа

### 2) Конструктивный слой № 2: 21,0 см

Щебень фракционированный 40..80 (80..120) мм легкоуплотняемый с заклиной фракционированным мелким щебнем,  $E = 350,0$  МПа

### 3) Конструктивный слой № 3: 76,0 см

Песок средней крупности, с содержанием пылеато-глинистой фракции 5%

$E = 120,0$  МПа,  $\phi = 28,94^\circ$ ,  $\phi_{\text{стат.}} = 33,00^\circ$ ,  $c = 0,00300$  МПа

### Грунт земляного полотна

Супесь тяжёлая пылеватая

$E = 45,3$  МПа,  $\phi = 16,81^\circ$ ,  $\phi_{\text{стат.}} = 35,00^\circ$ ,  $c = 0,00584$  МПа

## Расчёт на сдвигоустойчивость

### Конструктивный слой № 3

Материал: Песок средней крупности, с содержанием пылеато-глинистой фракции 5%

$E = 120,0$  МПа,  $\phi = 28,94^\circ$ ,  $\phi_{\text{стат.}} = 33,00^\circ$ ,  $c = 0,00300$  МПа

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

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^2 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^2 h_i} = \frac{1310 \times 12 + 350 \times 21}{12 + 21} = 699,1 \text{ МПа}$$

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

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{699,1}{95} = 7,36; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{33}{23} = 1,43; \quad \tau_{\text{н}} \approx 0,0172 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_{\text{н}} \times p = 0,0172 \times 0,6 = 0,0103 \text{ МПа}$$

Коэффициент  $k_d = 2$

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 12 + 21 = 33 \text{ см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2400 \times 12 + 1750 \times 21}{12 + 21} = 1986 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,002 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_d \times c_n + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times tg\phi_{\text{стат.}} = 2 \times 0,003 + 0,1 \times 0,002 \times 33 \times tg33^\circ \approx 0,0103 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,0103}{0,0103} = 0,99; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{0,99 - 0,87}{0,87} \times 100\% = 13,8\%$$

### Грунт земляного полотна

Материал: Супесь тяжёлая пылеватая

$E = 45,3$  МПа,  $\phi = 16,81^\circ$ ,  $\phi_{\text{стат.}} = 35,00^\circ$ ,  $c = 0,00584$  МПа

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

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^3 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^3 h_i} = \frac{1310 \times 12 + 350 \times 21 + 120 \times 76}{12 + 21 + 76} = 295,3 \text{ МПа}$$

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

$$\frac{E_b}{E_{\text{общ}}} = \frac{295,3}{45,3} = 6,52; \quad \frac{h_b}{D} = \frac{109}{23} = 4,74; \quad \tau_n \approx 0,0054 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_n \times p = 0,0054 \times 0,6 = 0,0032 \text{ МПа}$$

Коэффициент  $k_d = 1$

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 12 + 21 + 76 = 109 \text{ см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2400 \times 12 + 1750 \times 21 + 1900 \times 76}{12 + 21 + 76} = 1926 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,0019 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_d \times c_n + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times \text{tg}\phi_{\text{стат.}} = 1 \times 0,006 + 0,1 \times 0,0019 \times 109 \times \text{tg}35^\circ \approx 0,0207 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,0207}{0,0032} = 6,37; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{6,37 - 0,87}{0,87} \times 100\% = 632,2\%$$

### Расчёт на изгиб

Класс бетона на растяжение при изгибе  $B_{\text{tb}} = 2,4$

Коэффициент набора прочности со временем  $K_{\text{н.п.}} = 1,2$

Коэффициент, учитывающий воздействие попеременного замораживания-оттаивания,  $K_F = 0,95$

Коэффициент усталости бетона при повторном нагружении [2, формула 3.8]

$$K_y = 1,08 \times (\sum N_p)^{-0,063} = 1,08 \times 15800^{-0,063} \approx 0,59$$

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

$$R_{\text{р.и. расч.}} = B_{\text{tb}} \times K_{\text{н.п.}} \times K_y \times K_F = 2,4 \times 1,2 \times 0,59 \times 0,95 = 1,61 \text{ МПа}$$

Коэффициент, учитывающий влияние места расположения нагрузки,  $K_M = 1$

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,  $K_t = 0,95$  [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  $D = 50 \text{ см}$

$E_r^3 = 45,26 \text{ МПа}$

$$h_3 = 76 \text{ см}; \quad h_3 = 2 \times h_3 \times \sqrt[3]{\frac{E_3}{6 \times E_{\text{общ}} \cdot r}} = 2 \times 76 \times \sqrt[3]{\frac{120}{6 \times 45,26}} = 115,77 \text{ см};$$

$$E_3^3 = \frac{E_3}{0,71 \times \sqrt{\frac{E_{\text{общ}} \cdot r}{E_3}} \times \text{arctg}\left(\frac{1,35 \times h_3}{D}\right) + \frac{E_3}{E_{\text{общ}} \cdot r} \times \frac{2}{\pi} \times \text{arctg}\frac{D}{h}} =$$

$$\frac{120}{0,71 \times \sqrt{\frac{45}{120}} \times \text{arctg}\left(\frac{1,35 \times 115,77}{50}\right) + \frac{120}{45} \times \frac{2}{\pi} \times \text{arctg}\frac{50}{115,77}} = 89,88 \text{ МПа};$$

$$h_2 = 21 \text{ см}; \quad h_3 = 2 \times h_2 \times \sqrt[3]{\frac{E_2}{6 \times E_{\text{общ}}^3}} = 2 \times 21 \times \sqrt[3]{\frac{350}{6 \times 89,88}} = 36,36 \text{ см};$$

$$E_2^3 = \frac{E_2}{0,71 \times \sqrt{\frac{E_{\text{общ}}^3}{E_2}} \times \arctg\left(\frac{1,35 \times h_3}{D}\right) + \frac{E_2}{E_{\text{общ}}^3} \times \frac{2}{\pi} \times \arctg\frac{D}{h}} =$$

$$\frac{350}{0,71 \times \sqrt{\frac{90}{350}} \times \arctg\left(\frac{1,35 \times 36,36}{50}\right) + \frac{350}{90} \times \frac{2}{\pi} \times \arctg\frac{50}{36,36}} = 130,33 \text{ МПа};$$

Эквивалентный модуль упругости основания  $E_0^3 = 130,33 \text{ МПа}$ ;

Упругая характеристика плиты [2, формула 3.11]

$$l_y = h \times \sqrt[3]{\frac{E \times (1 - \mu_0^2)}{6 \times E_0^3 \times (1 - \mu^2)}} = 12 \times \sqrt[3]{\frac{26000 \times (1 - 0,3^2)}{6 \times 130,33 \times (1 - 0,2^2)}} \approx 37,91 \text{ см}$$

По первой расчётной схеме напряжения  $\sigma_{\text{пт}}$  (МПа) определяются, исходя из решений теории упругости, по следующей аппроксимирующей зависимости, отражающей наличие контакта плиты с основанием [2, формула 3.9]

$$\sigma_{\text{пт}} = \frac{Q \times K_M \times 60 \times K_y \times K_{\text{шт}}}{h^2 \times K_t} \times (0,0592 - 0,2137 \times \lg \frac{R}{l_y}) =$$

$$\frac{33 \times 1 \times 60 \times 0,66 \times 1,05}{12^2 \times 0,95} \times (0,0592 - 0,2137 \times \lg \frac{13,13}{37,91}) = 1,56 \text{ МПа}$$

Кривая зависимости  $K_y = f(h)$ , построенная для множества значений возможных толщин покрытия, пересекается с требуемым значением  $K_y = f(\sum N_p)$  при  $h_{\text{тр.}} = 10,63 \text{ см}$

$$\sigma_{\text{пт}}(h_{\text{тр.}}) = \frac{33 \times 1 \times 60 \times 0,66 \times 1,05}{10,63^2 \times 0,95} \times (0,0592 - 0,2137 \times \lg \frac{13,13}{33,58}) = 1,84 \text{ МПа}$$

$$K_y = f(h) = \frac{\sigma_{\text{пт}} \times K_{\text{пр}}}{B_{\text{тб}} \times K_{\text{н.п.}} \times K_F} = f(10,63) = \frac{1,84 \times 0,87}{2,4 \times 1,2 \times 0,95} = 0,59$$

$$h_{\text{тр.}} < h_0$$

### Результаты расчёта на морозоустойчивость

Материал грунта: Супесь тяжёлая пылеватая

Группа грунта по степени пучинистости 5

Высота насыпи 0 м, уровень грунтовых вод 1,6 м, толщина конструкции 1,09 м

Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды)  $H_y = 0 \text{ м} + 1,6 \text{ м} - 1,09 \text{ м} = 0,51 \text{ м}$

Величина морозного пучения при усреднённых условиях и глубине промерзания 1,25 м [1, номогр. 4.3]

$l_{\text{пуч.ср.2}} = 1,37 \text{ см}$

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

$$K_{\text{угв}} = 0,988$$

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

$$K_{\text{пл}} = 0,8$$

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

$$K_{\text{гр}} = 1,1$$

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

$$K_{\text{нагр}} = 1,08$$

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

$$K_{\text{вл}} = 1,1$$

Величина возможного морозного пучения [1, формула 4.2]

$$l_{\text{пуч}} = l_{\text{пуч.ср.}} \times K_{\text{угв}} \times K_{\text{пл}} \times K_{\text{гр}} \times K_{\text{нагр}} \times K_{\text{вл}} = 1,37 \times 0,988 \times 0,8 \times 1,1 \times 1,08 \times 1,1 = 1,43 \text{ см}$$

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

Ожидаемая пучинистость грунта 1,43 см < допустимой 3,00 см

Морозоустойчивость конструкции обеспечена.

## ТИП(бетон)

### 1) Конструктивный слой № 1: 12,0 см

TDM,  $E = 26000,0$  МПа

### 2) Конструктивный слой № 2: 17,0 см

Цементобетон М 100,  $E = 1560,0$  МПа

### 3) Конструктивный слой № 3: 79,0 см

Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%

$E = 120,0$  МПа,  $\phi = 28,94^\circ$ ,  $\phi_{\text{стат.}} = 33,00^\circ$ ,  $c = 0,00300$  МПа

### Грунт земляного полотна

Супесь тяжёлая пылеватая

$E = 45,3$  МПа,  $\phi = 16,81^\circ$ ,  $\phi_{\text{стат.}} = 35,00^\circ$ ,  $c = 0,00584$  МПа

## Расчёт на сдвигустойчивость

### Конструктивный слой № 3

Материал: Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%

$E = 120,0$  МПа,  $\phi = 28,94^\circ$ ,  $\phi_{\text{стат.}} = 33,00^\circ$ ,  $c = 0,00300$  МПа

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

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^2 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^2 h_i} = \frac{1310 \times 12 + 1560 \times 17}{12 + 17} = 1456,6 \text{ МПа}$$

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

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{1456,6}{95} = 15,33; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{29}{23} = 1,26; \quad \tau_{\text{н}} \approx 0,0146 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_{\text{н}} \times p = 0,0146 \times 0,6 = 0,0088 \text{ МПа}$$

Коэффициент  $k_d = 2$

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 12 + 17 = 29 \text{ см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2400 \times 12 + 2400 \times 17}{12 + 17} = 2400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,0024 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_d \times c_n + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times tg\phi_{\text{стат.}} = 2 \times 0,003 + 0,1 \times 0,0024 \times 29 \times tg33^\circ \approx 0,0105 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,0105}{0,0088} = 1,2; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{1,2 - 0,87}{0,87} \times 100\% = 37,9\%$$

### Грунт земляного полотна

Материал: Супесь тяжёлая пылеватая

$E = 45,3$  МПа,  $\phi = 16,81^\circ$ ,  $\phi_{\text{стат.}} = 35,00^\circ$ ,  $c = 0,00584$  МПа

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

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^3 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^3 h_i} = \frac{1310 \times 12 + 1560 \times 17 + 120 \times 79}{12 + 17 + 79} = 478,9 \text{ МПа}$$



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

$$\frac{E_v}{E_{\text{общ}}} = \frac{478,9}{45,3} = 10,58; \quad \frac{h_v}{D} = \frac{108}{23} = 4,7; \quad \tau_n \approx 0,0045 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_n \times p = 0,0045 \times 0,6 = 0,0027 \text{ МПа}$$

Коэффициент  $k_d = 1$

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 12 + 17 + 79 = 108 \text{ см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2400 \times 12 + 2400 \times 17 + 1900 \times 79}{12 + 17 + 79} = 2034 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,002 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_d \times c_n + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times tg\phi_{\text{стат.}} = 1 \times 0,006 + 0,1 \times 0,002 \times 108 \times tg35^\circ \approx 0,0214 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,0214}{0,0027} = 7,87; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{7,87 - 0,87}{0,87} \times 100\% = 804,6\%$$

### Расчёт на изгиб

Класс бетона на растяжение при изгибе  $B_{\text{тб}} = 2,4$

Коэффициент набора прочности со временем  $K_{\text{н.п.}} = 1,2$

Коэффициент, учитывающий воздействие попеременного замораживания-оттаивания,  $K_F = 0,95$

Коэффициент усталости бетона при повторном нагружении [2, формула 3.8]

$$K_y = 1,08 \times \left(\sum N_p\right)^{-0,063} = 1,08 \times 15800^{-0,063} \approx 0,59$$

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

$$R_{\text{п.и. расч.}} = B_{\text{тб}} \times K_{\text{н.п.}} \times K_y \times K_F = 2,4 \times 1,2 \times 0,59 \times 0,95 = 1,61 \text{ МПа}$$

Коэффициент, учитывающий влияние места расположения нагрузки,  $K_m = 1$

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,  $K_t = 0,95$  [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  $D = 50 \text{ см}$

$E_{\Gamma}^{\text{э}} = 45,26 \text{ МПа}$

$$h_3 = 79 \text{ см}; \quad h_3 = 2 \times h_3 \times \sqrt[3]{\frac{E_3}{6 \times E_{\text{общ}\Gamma}}} = 2 \times 79 \times \sqrt[3]{\frac{120}{6 \times 45,26}} = 120,34 \text{ см};$$

$$E_3^{\text{э}} = \frac{E_3}{0,71 \times \sqrt{\frac{E_{\text{общ}\Gamma}}{E_3}} \times \arctg\left(\frac{1,35 \times h_3}{D}\right) + \frac{E_3}{E_{\text{общ}\Gamma}} \times \frac{2}{\pi} \times \arctg\frac{D}{h}} =$$

$$\frac{120}{0,71 \times \sqrt{\frac{45}{120}} \times \arctg\left(\frac{1,35 \times 120,34}{50}\right) + \frac{120}{45} \times \frac{2}{\pi} \times \arctg\frac{50}{120,34}} = 91,1 \text{ МПа};$$

$$h_2 = 17 \text{ см}; \quad h_3 = 2 \times h_2 \times \sqrt[3]{\frac{E_2}{6 \times E_{\text{общ}}^3}} = 2 \times 17 \times \sqrt[3]{\frac{1560}{6 \times 91,1}} = 48,23 \text{ см};$$

$$E_2^{\text{э}} = \frac{E_2}{0,71 \times \sqrt{\frac{E_{\text{общ}}^3}{E_2} \times \arctg\left(\frac{1,35 \times h_3}{D}\right)} + \frac{E_2}{E_{\text{общ}}^3} \times \frac{2}{\pi} \times \arctg\frac{D}{h}} = \frac{1560}{0,71 \times \sqrt{\frac{91}{1560} \times \arctg\left(\frac{1,35 \times 48,23}{50}\right)} + \frac{1560}{91} \times \frac{2}{\pi} \times \arctg\frac{50}{48,23}} = 173,12 \text{ МПа};$$

Эквивалентный модуль упругости основания  $E_2^{\text{э}} = 173,12 \text{ МПа}$ ;  
Упругая характеристика плиты [2, формула 3.11]

$$l_y = h \times \sqrt[3]{\frac{E \times (1 - \mu_0^2)}{6 \times E_2^{\text{э}} \times (1 - \mu^2)}} = 12 \times \sqrt[3]{\frac{26000 \times (1 - 0,3^2)}{6 \times 173,12 \times (1 - 0,2^2)}} \approx 34,48 \text{ см}$$

По первой расчётной схеме напряжения  $\sigma_{\text{пт}}$  (МПа) определяются, исходя из решений теории упругости, по следующей аппроксимирующей зависимости, отражающей наличие контакта плиты с основанием [2, формула 3.9]

$$\sigma_{\text{пт}} = \frac{Q \times K_M \times 60 \times K_y \times K_{\text{шт}}}{h^2 \times K_t} \times (0,0592 - 0,2137 \times \lg \frac{R}{l_y}) = \frac{33 \times 1 \times 60 \times 0,66 \times 1,05}{12^2 \times 0,95} \times (0,0592 - 0,2137 \times \lg \frac{13,13}{34,48}) = 1,47 \text{ МПа}$$

Кривая зависимости  $K_y = f(h)$ , построенная для множества значений возможных толщин покрытия, пересекается с требуемым значением  $K_y = f(\sum N_p)$  при  $h_{\text{тр.}} = 10,13 \text{ см}$

$$\sigma_{\text{пт}}(h_{\text{тр.}}) = \frac{33 \times 1 \times 60 \times 0,66 \times 1,05}{10,13^2 \times 0,95} \times (0,0592 - 0,2137 \times \lg \frac{13,13}{29,11}) = 1,84 \text{ МПа}$$

$$K_y = f(h) = \frac{\sigma_{\text{пт}} \times K_{\text{пр}}}{B_{\text{тб}} \times K_{\text{н.п.}} \times K_{\text{F}}} = f(10,13) = \frac{1,84 \times 0,87}{2,4 \times 1,2 \times 0,95} = 0,59$$

$$h_{\text{тр.}} < h_0$$

### Результаты расчёта на морозоустойчивость

Материал грунта: Супесь тяжёлая пылеватая

Группа грунта по степени пучинистости 5

Высота насыпи 0 м, уровень грунтовых вод 1,6 м, толщина конструкции 1,08 м

Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды)  $H_y = 0 \text{ м} + 1,6 \text{ м} - 1,08 \text{ м} = 0,52 \text{ м}$

Величина морозного пучения при усреднённых условиях и глубине промерзания 1,25 м [1, номогр. 4.3]

$l_{\text{пуч.ср.2}} = 1,37 \text{ см}$

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

$K_{\text{угв}} = 0,986$

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

$K_{\text{пл}} = 0,8$

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

$K_{\text{гр}} = 1,1$

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

$K_{\text{нагр}} = 1,08$

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

$K_{\text{вл}} = 1,1$

Величина возможного морозного пучения [1, формула 4.2]

$$l_{\text{пуч}} = l_{\text{пуч.ср.}} \times K_{\text{угв}} \times K_{\text{пл}} \times K_{\text{гр}} \times K_{\text{нагр}} \times K_{\text{вл}} = 1,37 \times 0,986 \times 0,8 \times 1,1 \times 1,08 \times 1,1 = 1,42 \text{ см}$$

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

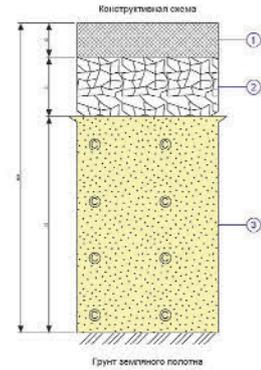
Ожидаемая пучинистость грунта 1,43 см < допустимой 3,00 см

Морозоустойчивость конструкции обеспечена.

Исходные данные

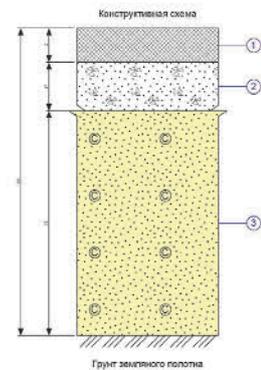
Название объекта	Автомобильная дорога		
Район проектирования			
Выполняемые расчеты	На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, морозостойкость		
Техническая категория дороги	IV категория	Дорожно-климатическая зона	II - подзона 1
Тип дорожной одежды	Переходный	Схема увлажнения	Схема 3
Число полос движения (в обе стороны)	2	Коэффициент уплотнения грунта	1,02
Номер расчетной полосы от обочины	1	Суммарное число приложенных нагрузок	15500
Уклоны в местах перелома профиля, %	—	Расчетное количество дней в году Тдмт	140
Расчетная влажность грунта W <sub>р</sub>	0,70	Расчетный срок службы Т <sub>ср</sub> , лет	10
Нагрузка, кН / Давление, МПа / D штампа, см	50 / 0,60 / 23		
Задаваемая надежность K <sub>н</sub>	0,80	Глубина промерзания грунтов, м	1,25

№ варианта	Наименование слоев и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см	Расчетные характеристики			Морозостойкость
			Упругий прогиб, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа	
ТДП(Щеб.)	1. Конструктивный слой № 1 — ТДМ		Е <sub>упр</sub> = 28000	Е <sub>сдв</sub> = 1310	Е <sub>изг</sub> = 28000 Н <sub>плт</sub> = 10,0 см З <sub>плт</sub> = 1,4 см	
	2. Конструктивный слой № 2 — Щебень фракционированный 40, 80 (80, 120) мм легкотуповершинный с окаткой фракционированным мелким щебнем					
	3. Конструктивный слой № 3 — Песок средней крупности, с содержанием пылеисто-глинистой фракции 5%					
	Грунт земляного полотна — Супесь тяжелая пылеватая					
			Е <sub>упр</sub> = 350	Е <sub>сдв</sub> = 350	Е <sub>изг</sub> = 350	
			Е <sub>упр</sub> = 120	Е <sub>сдв</sub> = 120 К <sub>тр</sub> = 0,870 К <sub>расч</sub> = 0,990 З <sub>плт</sub> = 14%	Е <sub>изг</sub> = 120	
			Е <sub>упр</sub> = 45	Е <sub>сдв</sub> = 45 К <sub>тр</sub> = 0,870 К <sub>расч</sub> = 6,370 З <sub>плт</sub> = 632%		Ц <sub>дп</sub> = 3 см Л <sub>плч</sub> = 1 см З <sub>плт</sub> = 2 см



1. ТДМ
2. Щебень фракционированный 40, 80 (80, 120) мм легкотуповершинный с окаткой фракционированным мелким щебнем
3. Песок средней крупности, с содержанием пылеисто-глинистой фракции 5%

№ варианта	Наименование слоев и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см	Расчетные характеристики			Морозостойкость
			Упругий прогиб, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа	
ТДП(Бетон)	1. Конструктивный слой № 1 — ТДМ		Е <sub>упр</sub> = 28000	Е <sub>сдв</sub> = 1310	Е <sub>изг</sub> = 28000 Н <sub>плт</sub> = 10,1 см З <sub>плт</sub> = 1,9 см	
	2. Конструктивный слой № 2 — Цементобетон М-10,0					
	3. Конструктивный слой № 3 — Песок средней крупности, с содержанием пылеисто-глинистой фракции 5%					
	Грунт земляного полотна — Супесь тяжелая пылеватая					
			Е <sub>упр</sub> = 1560	Е <sub>сдв</sub> = 1560	Е <sub>изг</sub> = 1560	
			Е <sub>упр</sub> = 120	Е <sub>сдв</sub> = 120 К <sub>тр</sub> = 0,870 К <sub>расч</sub> = 1,200 З <sub>плт</sub> = 38%	Е <sub>изг</sub> = 120	
			Е <sub>упр</sub> = 45	Е <sub>сдв</sub> = 45 К <sub>тр</sub> = 0,870 К <sub>расч</sub> = 7,870 З <sub>плт</sub> = 600%		Ц <sub>дп</sub> = 3 см Л <sub>плч</sub> = 1 см З <sub>плт</sub> = 2 см



1. ТДМ
2. Цементобетон М-10,0
3. Песок средней крупности, с содержанием пылеисто-глинистой фракции 5%

Авторский коллектив: Костиков Ю. Б., к.т.н. (руководитель проекта); Мошенжал А. В, к.т.н., технический директор ООО “Строй-Импульс” (расчеты дорожных одежд, чертежи примеров элементов благоустройства); Резяпкин И. П., инженер по техническому сопровождению проектов ООО “МИАКОМ” (расчеты дорожных одежд), Ахметшин О. В., инженер ООО “Строй-Импульс” (чертежи примеров элементов благоустройства); Кутковский Д. А. (дизайн, верстка).

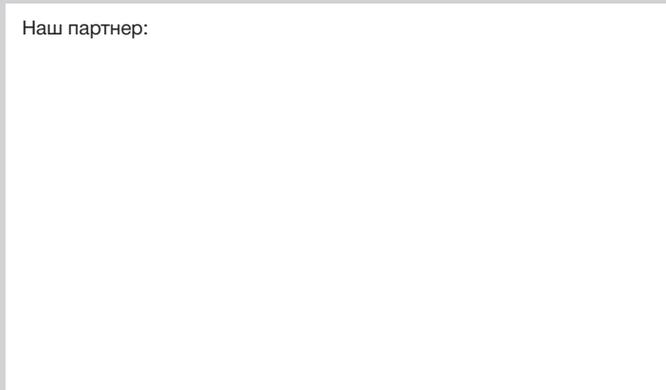
Конструкции дорожных одежд разработаны с участием ООО “Строй-Импульс” (812)498-40-60; (499) 703-30-33 ([www.s-impulse.ru](http://www.s-impulse.ru)).

Техническое сопровождение от АО «Зиверт Рус» - Ермолаев О.В., Руководитель службы обучения и техподдержки / Руководитель направления по системе мощения tubag, [o.ermolaev@sievert-rus.ru](mailto:o.ermolaev@sievert-rus.ru), мобл. +7 (917) 589-74-87

# ДЛЯ ЗАМЕТОК



Наш партнер:



на момент: 04/2021 (продаже не подлежит)

