

# МОЩЕНИЕ

с применением растворов  
на основе вяжущих

quick-mix



АО «КВИК-МИКС»  
2015



АО «Квик-микс», [www.квик-микс.рф](http://www.квик-микс.рф), [www.quickmix.ru](http://www.quickmix.ru)  
Тел. +7 (495) 783-96-64  
E-mail: [moscow@quick-mix.com](mailto:moscow@quick-mix.com)

Настоящий документ запрещается полностью или частично воспроизводить, тиражировать и распространять без разрешения АО «Квик-микс».

© АО «Квик-микс», 2015

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	4
<b>1. Термины и определения</b> .....	5
<b>2. Дорожные покрытия из камней/плит мощения</b> .....	6
2.1. Конструкция дорожного покрытия .....	6
2.2. Классификация покрытий.....	6
2.3. Обоснование применения растворов на основе вяжущих.....	8
<b>3. Растворы для мощения на основе вяжущих “tubag”</b> .....	12
<b>4. Проектирование дорожных одежд</b> .....	14
4.1. Основные требования к конструктивным слоям .....	14
4.2. Алгоритм назначения конструкции .....	16
4.3. Особенности расчета .....	19
4.4. Температурные и деформационные швы .....	21
<b>5. Выполнение работ</b> .....	24
5.1. Основные положения.....	24
5.2. Мощение булыжником, гранитной шашкой и брусчаткой .....	27
5.3. Особенности мощения клинкером.....	31
5.4. Особенности мощения плитами .....	31
5.5. Особенности мощения “рваными” (необработанными) плитами из естественных каменных материалов. ....	32
5.6. Мощение бетонными камнями и плитами.....	32
5.7. Приемка работ по мощению. Эксплуатация.....	33
<b>6. Примеры мощения</b> .....	34
6.1. Памятники архитектуры, истории и культуры .....	34
6.2. Общественно-деловая и жилая застройка .....	41
6.3. Площади .....	47
6.3. Набережные .....	50
6.4. Автомобильные дороги .....	53
<b>7. Техничко-экономическое обоснование применения растворов на основе вяжущих</b> .....	54

# ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время при устройстве мощения начинают применяться специальные растворы на основе вяжущих. Использование новых материалов обусловлено современными эксплуатационными и эстетическими требованиями к мощеным дорожным покрытиям.

**Надлежащий результат применения растворов в значительной степени зависит от качества проектирования и строительства.** Поэтому, компанией "Квик-микс" для всех заинтересованных специалистов и заказчиков, разработано настоящее пособие, где приводятся особенности проектирования и строительства дорожных покрытий из камней/плит мощения с применением растворов на основе вяжущих.

В пособии дается описание растворов марки "tubag" производства АО "Квик-микс" с трассово-цементными вяжущими\* и вяжущими из синтетических смол. Рассмотрены варианты конструкций дорожных покрытий. Приведена информация о объектах, где использовались такие растворы, описывается технология их применения при устройстве мощения из различных материалов. Выполнено экономическое обоснование применения растворов.

**Пособие разработано АО "Квик-микс".**  
Ответственный исполнитель: к.т.н. Ю. Б. Костиков

\* **Примечание.** Трасс – горная порода из группы вулканических туфов. Трасс используется в качестве добавки к извести и цементу для изготовления вяжущих, с целью улучшения физических свойств строительных растворов.



## 1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Дорожная одежда** - многослойная конструкция в пределах проезжей части автомобильной дороги, воспринимающая нагрузку от автотранспортного средства и передающая ее на грунт. Дорожные одежды классифицируют по типам исходя из их капитальности.

**Дорожная одежда жесткая** - дорожная одежда с цементобетонными монолитными покрытиями; со сборными покрытиями из железобетонных или армобетонных плит с основанием из цементобетона или железобетона.

**Водоотводные устройства** - комплекс сооружений, отводящих воду от земляного полотна и дорожной одежды и предотвращающих их переувлажнение (боковые канавы, лотки, водосборные колодцы, водопоглощающие и дренажные устройства).

**Мощение** - устройство дорожного покрытия из штучных естественных или искусственных материалов.

**Основание бетонное (цементобетонное)** - конструктивный слой дорожной одежды или нижний слой двухслойного цементобетонного покрытия, построенный из уплотненной цементобетонной смеси, включая укатываемый бетон или другие низкомарочные бетоны.

**Основание гравийное** - конструктивный нижний слой дорожной одежды, построенный из гравия или подобранной гравийной оптимальной смеси, распределенной по грунтовому или песчаному основанию и уплотненной.

**Основание дорожной одежды** - несущая прочная часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на расположенные ниже дополнительные слои основания или грунт земляного полотна.

**Основание песчаное** - дополнительный слой, устраиваемый из песка ниже основания дорожной одежды или непосредственно под покрытием. Служит также дренирующим и выравнивающим слоем.

**Основание щебеночное** - конструктивный слой дорожной одежды из природного или искусственного щебня с заполнением пор более мелким щебнем, поливкой водой и уплотнением. Для устройства щебеночного основания возможно применение щебеночной смеси оптимального состава.

**Покрытие дорожное** - верхняя часть дорожной одежды, воспринимающая усилия от колес автомобилей и подвергающаяся непосредственному воздействию атмосферных факторов.

**Покрытие дорожное цементобетонное** - капитальное покрытие, монолитное, сооружаемое из цементобетонных (или полимербетонных) смесей, уплотняемых на месте работ, или сборное (сплошное или колейное) из индустриально заготовленных железобетонных плит. Различают монолитные покрытия - армированные и неармированные, непрерывно армированные, предварительно напряженные и самонапрягающиеся

**Растворы на основе вяжущих** - растворы на основе трассово-цементных, полимерных вяжущих или вяжущих из синтетических смол

**Трасс** - горная порода из группы вулканических туфов. Трасс используется в качестве добавки к извести и цементу для изготовления вяжущих, с целью улучшения физических свойств строительных растворов

## 2. СОВРЕМЕННЫЕ ДОРОЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ КАМНЕЙ/ ПЛИТ МОЩЕНИЯ

### 2.1. Конструкция дорожного покрытия из камней/плит мощения

В настоящее время для мощения применяется большое многообразие материалов. Для устройства покрытий территорий современной жилой и общественно-деловой застройки, в основном, применяются бетонные камни и плиты. Для мощения центральных улиц и площадей, пешеходных зон используются изделия из гранита: плиты, брусчатка или шашка. На внутренней территории элитных жилых комплексов можно встретить мощение из клинкера. Булыжное мощение характерно для территорий исторических объектов.

Требования к материалам для мощения содержатся в архитектурно-художественных регламентах, нормативно-методической документации по благоустройству территорий, стандартах предприятий-поставщиков изделий и проектной документации.

Дорожное покрытие из камней/плит мощения, является составной частью дорожной одежды и включает (рис.1):

- собственно камни или плиты мощения;
- подстилающий слой;
- материал заполнения швов между камнями.

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

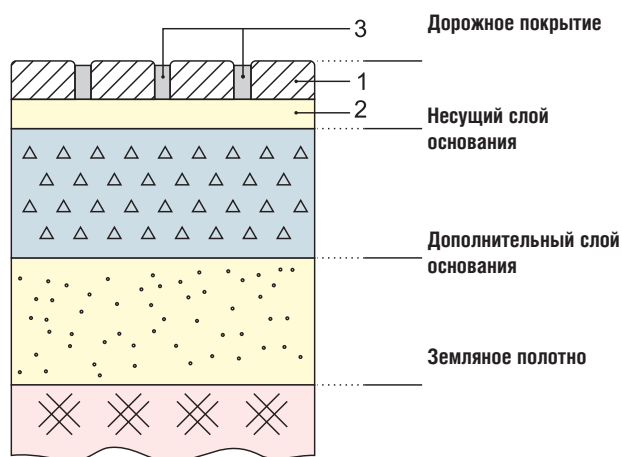


Рис. 1. Принципиальная схема дорожной одежды с покрытием из камней/плит мощения  
1 - камни/плиты мощения, 2 - подстилающий слой; 3 - материал заполнения швов.

### 2.2. Классификация покрытий

**В несвязанных (нежестких) дорожных покрытиях** (рис. 2, а; табл. 1) камни или плиты укладываются на подстилающий слой, выполненный из песка, песка с небольшим содержанием цемента или песка из отсевов дробления (гранитного отсева). Для заполнения швов в мощении из бетонных камней/плит или клинкера также применяется песок. Иногда, особенно при устройстве мощения из природных материалов, песок укрепляют небольшим количеством цемента.

Преимущества несвязанных дорожных покрытий:

- высокая ремонтпригодность (элемент мощения может быть легко извлечен из покрытия, установлен обратно или заменен на новый);
- меньшая стоимость первоначального устройства (по сравнению со связанными покрытиями).

Недостатком таких покрытий является большое количество швов, которые нуждаются в постоянном уходе. При строительстве и эксплуатации, надо стремиться, чтобы швы были заполнены материалом заполнителя. В научно-исследовательских работах [4, 15]\* отмечается, что при незаполненных швах значительно снижается прочность покрытия, а также ухудшаются его санитарно-гигиенические показатели; по такому покрытию не удобно ходить. В швах могут прорасти трава, сорняки, заводиться насекомые.

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

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

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

**Связанные дорожные покрытия** (рис. 2 б, в, г; табл. 1) выполняются с использованием растворов на основе вяжущих.

Растворы на основе вяжущих - растворы на основе трассово-цементных, полимерных вяжущих или вяжущих из синтетических смол. Растворы применяются для заполнения швов между элементами мощения и устройства подстилающего слоя. В настоящем пособии рассматриваются растворы марки "tubag" производства ЗАО "Квик-микс". Связанные дорожные покрытия могут быть жесткими или частично жесткими (полужесткими).

В жестких конструкциях подстилающий слой и заполнение швов между камнями выполняются с применением растворов на основе вяжущих. В полужестких конструкциях элементы мощения

\* Здесь и далее квадратными скобками обозначены ссылки на раздел "Литература"

Табл. 1. Классификация дорожных покрытий из камней/плит мощения

Элемент конструкции дорожного покрытия/ дорожной одежды	Дорожные покрытия из камней/плит			
	Связанные			Несвязанные(нежесткие)
	Жесткие	Частично жесткие (полужесткие)		
Заполнение швов	Водопроницаемые или водонепроницаемые растворы (СТО 93688437-001-2015)	Водопроницаемые растворы (СТО 93688437-001-2015)	Водопроницаемые растворы (СТО 93688437-001-2015)	Песок, песок обработанный стабилизатором
Подстилающий слой	Дренажный раствор (СТО 93688437-001-015)	Дренажный раствор (СТО 93688437-001-2015)	Песок, песок из отсевов дробления (по ГОСТ 8736-93)	Песок, песок из отсевов дробления (по ГОСТ 8736-93)
Несущий слой	Дренажный раствор на основе вяжущих, цементобетон, монолитный железобетон	Щебень или гравий (по ГОСТ 8267-93)	Щебень или гравий (по ГОСТ 8267-93)	Щебень или гравий (по ГОСТ 8267-93)

укладываются на песчаный подстилающий слой, а швы заполняются растворами.

Выравнивающий слой всегда выполняется из дренажного (водопроницаемого) раствора. Швы могут быть заполнены водопроницаемыми или водонепроницаемыми растворами.

Преимущества связанных покрытий:

- стабильность швов;
- возможность дизайна покрытия за счет выбора цвета раствора для швов;
- прочность за счет применения растворов на основе вяжущих;
- применение растворов компенсирует дефекты мощения (увеличенные швы, неправильную раскладку и т. д.);
- возможность механизированной уборки покрытия уличными пылесосами и мойки под высоким давлением.

Недостатки:

- низкая ремонтпригодность (повторное использование извлеченных элементов покрытия, как правило, невозможно);
- высокая стоимость первоначального устройства.

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

**Связанные покрытия мощения рекомендуется применять совместно с натуральными материалами и клинкером при мощении [18]:**

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

покрытию более удобным, особенно в женских туфлях на тонких каблучках (шпильках).

- транспортных проездов (въездов), с целью повышения их прочности и увеличения сроков службы.

**Наряду с пешеходными зонами и проездами связанные покрытия используются в следующих особых условиях:**

- рыночные площади, которые часто подвергаются интенсивной очистке, а именно
- с помощью струи воды, подметальными машинами с пылесосами или ручной метлой
- приложением больших усилий
- в зонах под крышами, так как материал для заполнения швов без использования
- вяжущих пересыхает и образует пыль,
- зоны, подверженные сильному воздействию воды, и расположенные на улице производственные площади,
- набережные с парапетами и спусками, где возможно превышение уровня воды и размыв швов и мощения;
- водосточные желоба, так как большое количество воды размывает швы, заполненные материалом без использования вяжущих, даже при обычных уклонах,
- поверхности с уклоном более 10%, так как ливень размывает швы, заполненные материалом без использования вяжущих;
- покрытия из камней мощения в сочетании с плитами, особенно при воздействии нагрузок от автотранспорта. Плиты и камни имеют различную деформацию в покрытии от нагрузки. Использование растворов позволяет нивелировать такие деформации.

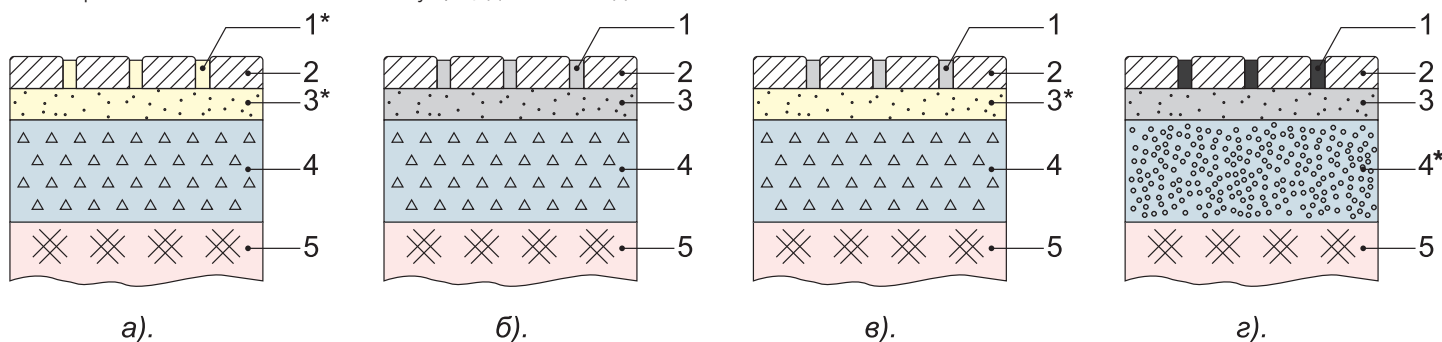


Рис. 2. Схемы конструкций дорожных одежд со связанными и несвязанными покрытиями.

а) - нежесткая конструкция с несвязанным покрытием; б) и в) - частично жесткая конструкция со связанным покрытием;

г) - жесткая конструкция со связанным покрытием.

1- швы, заполненные раствором на основе вяжущих; 1\* - швы, заполненные песком; 2 - камни/плиты мощения; 3 - подстилающий слой из раствора на основе вяжущих; 3\* - подстилающий слой из песка; 4 - несущий слой; 4\* - несущий слой из дренажного бетона, 5 - земляное полотно.

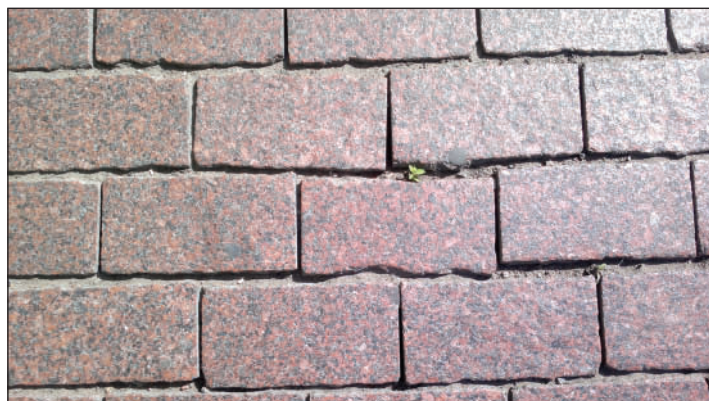


### 2.3. Особенности строительства и эксплуатации

Самым уязвимым местом несвязанных покрытий являются швы (рис. 3). Песок в швах значительно подвержен процессам эрозии - он выветривается, выносится из швов под действием движения, вымывается атмосферными осадками и подвергается другим внешним воздействиям. В результате швы между элементами мощения открываются. В образующихся пустотах скапливаются грязь, атмосферные осадки, прорастают сорняки, заводятся насекомые. Покрытие становится не комфортным для ходьбы. При незаполненных швах нарушается связь между элементами мощения, они теряют устойчивое положение и могут выпадать из покрытия под действием внешних нагрузок. Вода,

проникающая в незаполненные швы является дополнительным фактором разрушения покрытия, особенно в осенне-зимний период. Поэтому, очень важно обеспечить надежное и долговечное заполнение швов.

Практика показывает, что в современных условиях строительства и эксплуатации несвязанные покрытия, особенно, когда песок в их швах дополнительно не закреплен стабилизатором, уже не всегда обеспечивают предъявляемые к ним технико-экономические и санитарно-гигиенические требования (табл. 2) [11, 16].



**Рис. 3. Незаполненные швы ухудшают эксплуатационные и эстетические качества мощения**

**Табл. 2. Требования к дорожным покрытиям из камней/плит мощения**

Технико-экономические	Санитарно-гигиенические
Прочность Устойчивость отдельных камней/плит Долговечность Ровность Сцепные свойства поверхности Ремонтопригодность	Беспыльность Способность не задерживать грязь Легкость уборки и содержания Низкая проницаемость для загрязняющих жидкостей и веществ (топлива, масел и др.)



Отметим некоторые аспекты, характерные для мощения в современных условиях, которые подтверждают необходимость применения растворов на основе вяжущих при устройстве покрытий.

**1. При проектировании** можно говорить о повышении требований к эстетическому виду покрытия и расширении области применения мощения.

Сегодня мощение, это не только дорожное покрытие, главная



**Рис. 4. Применение мощения при устройстве бесчашных фонтанов - швы в зоне риска**

Другим примером современного применения мощения является мощение участков дорог с автомобильным движением, проездов и других территорий, где уже существенны нагрузки на покрытие. Мелкоштучные элементы мощения смещаются при



**Рис. 6. Разрушение мощения наземного пешеходного перехода на участке автомобильной дороги**

**2. При строительстве,** при устройстве мощении из натуральных каменных материалов (брусчатки, шашки), как правило, получаются широкие швы (рис. 7). Это происходит из-за изменения технологии обработки каменных материалов и использования камней, не соответствующих данному рисунку мощения.

Ранее для мощения применялась гранитная брусчатка и шашка, боковые грани которых сужались к низу. Это позволяло при



**Рис. 7. Мощение прямолинейными рядами из гранитной шашки. Швы 15- 25 мм.**

задача которого обеспечить комфортные условия движения, но и современный способ оформления поверхности земли с целом рядом архитектурно-дизайнерских задач.

Примером расширения области применения мощения могут стать бесчашные фонтаны (рис. 4). В этих условиях швы размываются водой и мощение разрушается. Отметим, что песок в швах также легко вымывается в местах примыкания мощения к элементам водосборной системы (рис.5).



**Рис. 5. Мощение, примыкающее к элементам водосборной системы (водосточные трубы, лотки и т. д.) легко размывается водой**

действию сдвигающих усилий при повороте и торможении автомобилей. Плиты и камни под действием движения расшатываются и теряют плотный контакт с основанием (рис.6).



мощении устанавливать камни ближе друг к другу с минимальным швом. Современные предприятия-изготовители не предъявляют такие требования к изделиям для мощения. Для мощения по полуокружностям и по пологим (сегментным) дугам требуются камни различных размеров, а при дугах небольшого радиуса — камни треугольной и трапециевидной формы. В настоящее время, при таком мощении, как правило, используется один вид шашки, при этом колка или притеска камней на месте мощения не осуществляется (рис.8).

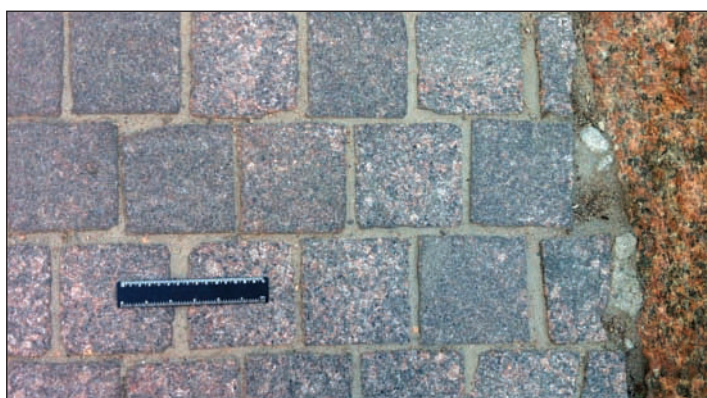






Рис. 8. Мощение по дугам из гранитной шашки. Швы 20-30 мм.

В последнее время для мощения стали применяться плиты - квадратные или прямоугольные, выполненные из натуральных или искусственных материалов. **Надо отметить, что при мощении плитами очень трудно добиться их плотного контакта с основанием ввиду их размеров. Каким бы ровным не был подстилающий слой, все равно в месте контакта с основанием плиты найдутся пустоты. Со временем в пустоты проникает вода. При действии даже незначительной нагрузки возникает так называемый «помпа-эффект», который сопровождается подсосом воды и приводит к дальнейшему нарушению контакта между подстилающим слоем и плитой. Это приводит к нарушению ровности покрытия и растрескиванию плит при нагрузке (рис. 9).**

При укладке натуральных камней (шашаки, брусчатки, булыжника) не выполняется операция сортировки камней по размерам в плане. Это приводит к тому, что в один ряд могут быть установлены камни различных размеров, а ровность рядов обеспечивается за счет увеличения ширины шва. При мощении булыжником также не обеспечивается плотное прилегание камней друг к другу с образованием треугольных зазоров между ними (рис.10). Во всех случаях, при мощении не соблюдаются правила выполнения примыканий. Это ведет к применению мелких отрезанных камней, которые крайне не устойчивы в покрытии (рис.11).



Рис. 9. Крупные плиты не устойчивы в покрытии



Рис.10. Неудовлетворительное мощение из гранитной шашки и булыжного камня из-за отсутствия сортировки камней





**Рис.11. При мощении не соблюдаются правила выполнения примыканий**

**3. Изменяются способы содержания мощеных покрытий.**

Начинают применяться уличные пылесосы, осуществляется обработка покрытий чистящими составами с последующей мойкой водой под высоким давлением (рис.12). При этих воздействиях нарушается заделка швов между элементами покрытия.

С целью улучшить эксплуатационные показатели мощения, во многих случаях делается попытка применить цементно-песчаные растворы. Однако, такие растворы имеют плохие адгезионные свойства. С течением времени, под воздействием нагрузки или деформаций морозного пучения, в швах появляются трещины, отдельные камни могут расшатываться и выпадать из покрытия. Кроме того, в случае применения цементно-песчаных растворов для заполнения швов, нарушается декоративный вид покрытия

(рис.13). Поэтому, их применение для устройства мощения недопустимо.

Таким образом, практика строительства показывает, что в современных условиях необходимо применять новые прогрессивные материалы, которые способны значительно снизить влияние внешних факторов и улучшить эксплуатационные показатели дорожных покрытий из камней мощения. Примером таких материалов являются растворы на основе вяжущих.



**а)**



**б)**



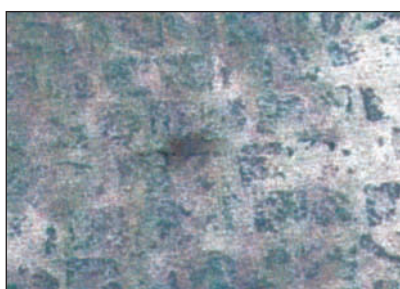
**в)**

**Рис. 12. Новые способы содержания покрытий**

а) Мойка водой под высоким давлением; б) Мойка специальными машинами; в) Уборка уличными пылесосами.



**а)**



**б)**



**Рис. 13. Внешний вид мощения при использовании простых цементно-песчаных растворов:**

а) мощение из гранитной шашки; б) мощение булыжником

### 3. РАСТВОРЫ ДЛЯ МОЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВЯЖУЩИХ "TUBAG"

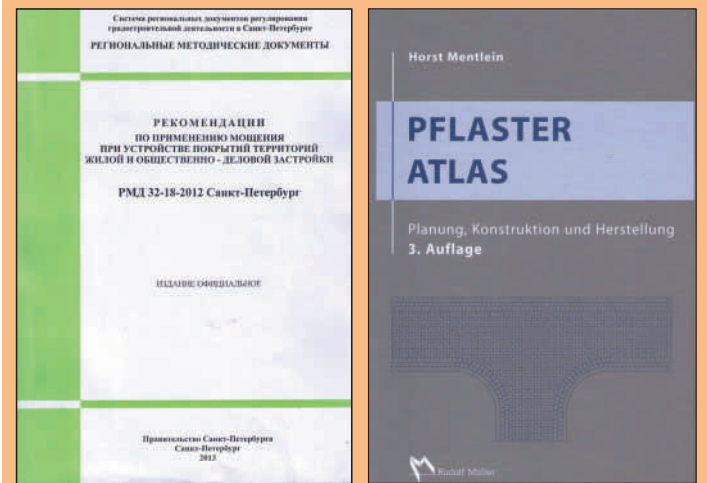
Среди растворов на основе вяжущих на рынке в России наиболее представлены растворы «tubag» компании «Квик-микс». Растворы изготавливаются на основе трассово-цементных вяжущих, а также вяжущих их синтетических смол. Особенность растворов заключается в применении трасса (см. определение на стр. 5), что улучшает их свойства. Растворы дополняют друг друга и образуют комплексную систему для устройства дорожного покрытия (табл. 3).

Растворы применимы для всех видов дорожных покрытий из камней или плит. Оптимально подходят для природных камней (брусчатки, шашки, булыжника), клинкера, многоугольных и калиброванных плит.

Для устройства подстилающего слоя, во всех случаях, применяются водопроницаемые (дренажные) растворы. Для улучшения сцепных свойств элементов мощения с подстилающим слоем используются адгезионные составы. Растворы для заполнения швов могут быть водопроницаемые или водонепроницаемые. Водопроницаемые растворы для заполнения швов (вяжущее - реактивные смолы на основе эпоксидной смолы) отличаются пористой структурой, через которую жидкость свободно проходит в нижележащие слои. Водопроницаемые растворы (вяжущее - цемент) могут быть песочного, каменно-серого или цвета базальт; водонепроницаемые - серого, светло-серого, антрацида или бежевого цвета. Применение шовного раствора определенного цвета в сочетании с камнями/плитами позволяет получить определенный эстетический эффект (Рис. 14.).

Растворы обеспечивают надежную фиксацию камней/плит в покрытии и долговечное твердое заполнение швов различных размеров (от 3 мм до 50 мм). Материал заполнения швов не выносится с покрытия под действием внешних воздействий: нагрузок, воды под высоким давлением, уборки уличными пылесосами. Помимо значительного повышения долговечности покрытия, выполненного с применением растворов на основе вяжущих, повышаются его эстетические качества.

Растворы производятся по стандарту ЗАО «Квик-микс»: "Растворы на основе вяжущих tubag. Технические требования" (СТО 93688437-001-2015). В стандарте приведена следующая информация: методы изготовления образцов, методики испытаний на прочность, морозостойкость, водопроницаемость (для шовных раство-



Описание растворов на основе вяжущих содержится в книге "Атлас мостовой" (2009 г, нем.). "Атлас мостовой" - это книга о планировании, конструировании и строительстве мощеных покрытий. Один из разделов книги посвящен мощению с применением растворов на основе вяжущих. Перевод находится в компании "Квик-микс" и может быть выслан по запросу. Информация по связанным дорожным покрытиям, выполненным с применением растворов на основе вяжущих имеется в современных методических документах по мощению Санкт-Петербурга и Екатеринбургa (<http://gov.spb.ru/gov/otrasl/komstroy/documents/>).

ров), контроль образцов выпиленных из покрытия. Стандарт разработан Санкт-Петербургским государственным архитектурно-строительным университетом. Надо отметить, что нормативных документов и методик испытаний по растворам на основе вяжущих в России не имеется. Поэтому, данный стандарт является первой и единственной разработкой по требованию к растворам и методике их испытаний.

Табл. 3. Система мощения "tubag" \*

Растворы для устройства дорожных покрытий с пешеходной и автомобильной нагрузкой			Растворы для устройства дорожных покрытий с пешеходной нагрузкой (программа «Сделай сам») DIY		
Подстилающий слой	Швы		Растворы для улучшения адгезии между элементами мощения и подстилающим слоем	Подстилающий слой и одновременное заполнение швов оформлением швов (напр. NVL300)	Подстилающий слой и последующее заполнение швов NFM-flex
водопроницаемые растворы, напр. TDM, TPM-D, TCE	водопроницаемые растворы, напр. PFL	водонепроницаемые растворы, напр. PFN, TFP.			

\*Примечание: Здесь и далее преимущественно приведены позиции производства Россия. Полный ассортимент растворов можно уточнить в компании "Квик-микс".

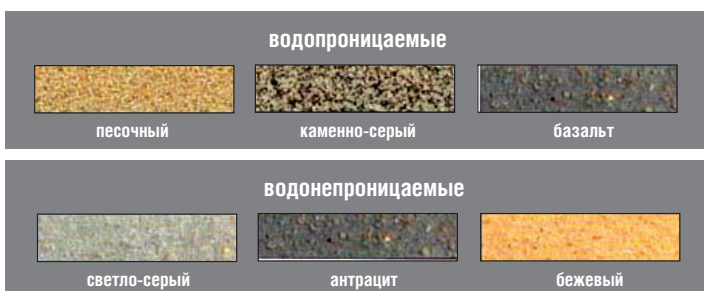


Рис.14. б. Варианты растворов для заполнения швов

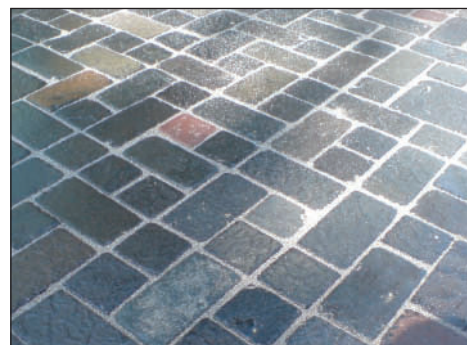


Рис. 14. а. Заполнение швов в дорожном покрытии из брусчатки контрастным раствором



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТВОРОВ TUBAG ДЛЯ МОЩЕНИЯ. ВАШИ ПРЕИМУЩЕСТВА

## Растворы tubag – система мощения

Растворы образуют СИСТЕМУ материалов для устройства долговечного мощения: растворы на основе вяжущих для подстилающего слоя и заполнения швов. Растворы выбираются в зависимости от применяемых материалов для устройства дорожного покрытия и условий его нагружения.

## Растворы tubag содержат трасс

Трасс - горная порода из группы вулканических туфов. Трасс используется в качестве добавки, с целью улучшения физических свойств строительных растворов. В частности, растворы способствуют уменьшению высолообразования на поверхности мощения.

## Растворы tubag – для оригинального мощения из клинкера и натурального камня

- Покрытия из гранитной шашки и брусчатки, необработанного камня и клинкера;
- Покрытия, где используется комбинация различных материалов для мощения: плит и камней, камней правильной и неправильной формы;
- Для рисунков мощения, где возможно образование увеличенных швов (например, раскладка клинкерной брусчатки в виде круга; мощение необработанным камнем).

## Растворы tubag – для особых случаев эксплуатации

- Площади, которые часто подвергаются интенсивной очистке, с помощью воды и пылесосами. При интенсивной очистке заделка швов между элементами мощения нарушается
- В зонах под крышами. Материал для заполнения швов без использования вяжущих пересыхает и образует пыль
- Поверхности с уклоном более 10%. Дождь размывает швы, заполненные материалом без использования вяжущих.
- Водосточные желоба, отмостки. Большое количество воды размывает швы, заполненные материалом без использования вяжущих, даже при обычных уклонах

## Всегда привлекательное покрытие

- В швах не накапливается грязь, не прорастает трава, не заводятся насекомые.
- Швы, заполненные раствором tubag, делают хождение по покрытию более удобным, особенно в женских туфлях на тонких каблучках (шпильках).
- Дополнительные возможности по дизайну покрытия за счет выбора цвета раствора для заполнения швов.

## Растворы tubag – выбор профессионалов

Растворы tubag прошли апробацию в городских проектах дорожного строительства и благоустройства при ремонте покрытий и реконструкции. На растворы разработан Стандарт “СТО 93688437-001-2015”. Растворы на основе вяжущих tubag. Технические требования”, где приведены требования к растворам и методика их испытаний.

## 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД СО СВЯЗАННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ ИЗ КАМНЕЙ/ПЛИТ МОЩЕНИЯ

### 4.1. Основные требования к конструктивным слоям

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

В отечественной практике опыта расчета и назначения конструкций дорожных одежд со связанными покрытиями из камней/плит мощения не имеется. Очевидно, что такие дорожные одежды должны рассчитываться по методам расчета жестких дорожных одежд с учетом особенностей конструкции верхнего покрытия.

При назначении конструкций дорожных одежд со связанными покрытиями, предлагается использовать имеющийся зарубежный опыт.

Одним из последних документов, где излагаются требования к дорожным одеждам, с покрытиями выполненным с применением растворов на основе вяжущих является: «Дополнительные технические условия договора для строительства тротуаров, пешеходных дорожек и площадок за пределами проезжей части» (ZTV Дорожное строительство. Издание 2013 г. Разработано Исследовательским обществом ландшафтного проектирования и строительства (FLL)) [9].

Отметим основные положения документа, которые могут быть использованы в практике проектирования дорожных одежд со связанными покрытиями.

#### 1) Категории использования покрытий (см. табл.)

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

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

#### 2) Минимальная толщина дорожной одежды.

Нагрузка	Минимальная толщина, см
1	27-30
2	30-50
3	32-50

#### Примечания:

1) При использовании несущих слоев с применением вяжущих минимальная толщина дорожной одежды может быть уменьшена на величину от 5 до 10 см.

2) При использовании щебеночного или морозозащитного слоя в качестве верхнего несущего слоя толщину дорожной одежды необходимо увеличить на 5 см.

3) Увеличение толщины для климатических зон, с воздействием мороза от 5 до 15 см.

Надо отметить, что отечественными нормами устанавливается минимальная толщина слоев основания дорожной одежды, так для щебня или гравия – 15 см, для песка – 20 см.

#### 3) Требования к жестким дорожным покрытиям.

Жесткие дорожные покрытия (табл. 1) устраиваются на основании из цементобетона, монолитного железобетона и из дренирующих растворов.

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

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

#### Толщина несущего слоя, выполненных из дренирующих бетонов.

Категория использования	Толщина несущего слоя
N1	≥ 100 мм
N2 и N3	≥ 150 мм.

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

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

Для таких конструкций допустимыми являются категории использования N1 и N2.

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

Категория использования:	Толщина подстилающего слоя
- N1	≥ 6 см
- N2	≥ 10 см

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

Категория использования	N1
-------------------------	----

#### 6) Требования к швам для всех вариантов конструкций

Ширина швов:

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

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

**7) Требования к обрамлению.**

Дорожные покрытия из плит/камней мощения связанной конструкции должны быть выполнены между бортовыми камнями или другими жесткими ограничителями.

Обрамление должно быть предусмотрено также в местах перехода к другим конструкциям, например, к асфальтовому покрытию или к покрытию несвязанной конструкции.

**8) При связанной конструкции толщина плит мощения может быть уменьшена.**

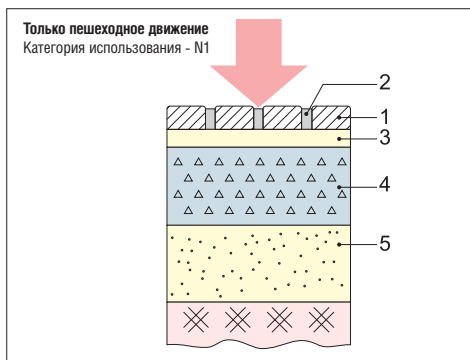
**9) Во всех конструкциях, для максимального эффекта сцепления между поверхностью несущего слоя и подстилающего слоя, выполненного с использованием вяжущих, а также с целью уменьшения деформативности дорожного покрытия следует отказаться от геосинтетического полотна поверх несущего слоя.**

**10) В случае устройства покрытия на бетонное основание следует обеспечить водоотвод с основания в сторону дренажных устройств.** Пример устройства водосборных воронок приведен на рис. 15.

Примеры конструкций дорожных одежд со связанными покрытиями представлены на рис. 16

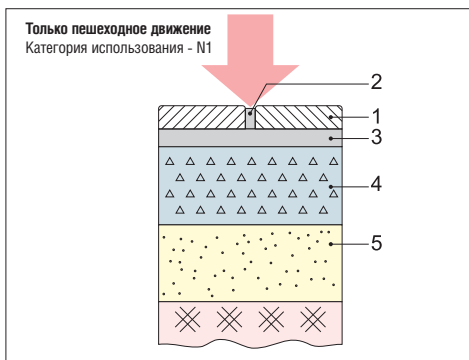


**Рис. 15. Устройство внутренних водосборных воронок с отводом воды в дренажный слой конструкции дорожной одежды при мощении на бетонное основание.**



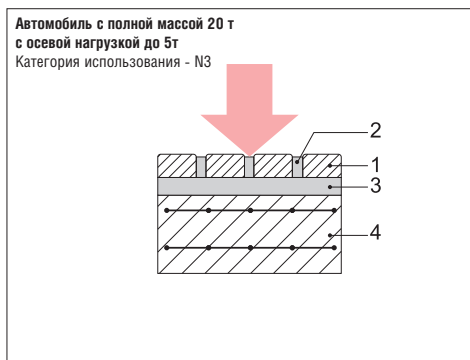
**Рис. 16, б** Конструкция дорожной одежды с покрытием из каменной мощения для категории использования N1.

- 1 - камни мощения - от 60 мм;
- 2 - швы, заполненные водопроницаемым раствором;
- 3- подстилающий слой из песка - 30 - 50 мм;
- 4 -щебень гранитный фр. 20-40 с расклинцовкой - 150 мм;
- 5- песок - 200 мм



**Рис. 16, б** Конструкция дорожной одежды с покрытием из плит мощения для категории использования N1.

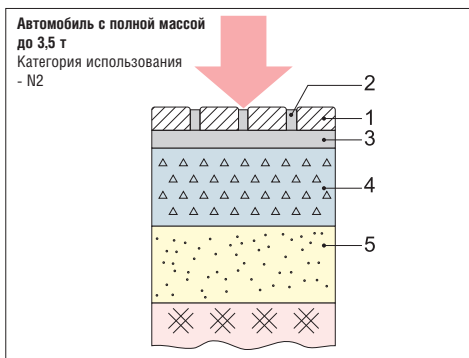
- 1 -плиты мощения - от 40 мм;
- 2- швы, заполненные водопроницаемым раствором;
- 3- подстилающий слой из раствора - 60 мм;
- 4 -щебень гранитный фр. 20-40 с расклинцовкой - 150 мм;
- 5- песок - 200 мм.



**Рис. 16, в.** Конструкция дорожной одежды с покрытием из каменной мощения для категории использования N3.\*

- 1 - камни мощения - 100 мм;
- 2 - швы заполненные водопроницаемым раствором;
- 3 - подстилающий слой из раствора - 60 мм;
- 4 - жесткое не деформируемое основание (моноконтное железобетонное перекрытие, дренажный бетон)

\*Примечание: в случае применения в качестве основания моноконтного железобетона необходимо обеспечить отвод воды из подстилающего слоя.



**Рис. 16, г.** Конструкция дорожной одежды с покрытием из каменной мощения для категории использования N2.

- 1 -камни мощения - 80 мм\*;
- 2- швы, заполненные водопроницаемым раствором;
- 3- подстилающий слой из раствора - 100 мм\*;
- 4 -щебень гранитный фр. 20-40 с расклинцовкой - 150 мм;
- 5- песок - 200 мм.

\*Примечание: высота каменной мощения может быть уменьшена до 60 мм, при этом толщину подстилающего слоя рекомендуется увеличить до 120 мм.

## 4.2. Алгоритм назначения конструкции

Назначение конструкции дорожной одежды происходит в следующем порядке.

**1)** Определяется категория использования покрытия N1-N2. Категории использования покрытий определяют параметры нагрузки и интенсивность ее воздействия. Эти данные могут быть уточнены в ходе дополнительного анализа и обработки фактических данных по составу и интенсивности движения.

**Пример из практики: обследование клинкерного мощения дворовых территорий в Санкт-Петербурге с выдачей рекомендаций по проектированию и строительству (см. также раздел 6.2).**

По заданию заказчика было проведено обследование дорожных покрытий из клинкера (измерение ровности и колеиности) толщиной 50 мм на дворовой территории. Дворовая территория ограничена 4-х этажными жилыми и общественными зданиями. Используется для подходов и подъездов к домам и автостоянки.

По таблице (раздел 4.1, п.1) категория использования такого покрытия N2: покрытие, 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). В случае использования в качестве несущего основания щебня, толщина подстилающего слоя из трассового дренажного раствора должна быть не менее 10 см (раздел 4.1, п.4).

В рамках работы, непосредственно на объекте, были выполнены замеры интенсивности и состава движения, которые составили 119 легковых автомобилей в сутки (прямое и обратное движение), полной массой до 2,5 тонн. Измерения и обработка данных проводились по методикам ОДМ 218.2.032-2013 [2] и ВСН 45-68 [1]. Расчет приведенной к расчетной нагрузке интенсивности движения выполнялся по ОДН [3] 218.046-01. Далее, исходные данные вводились в программу "Топоматик-Robur" для расчет жестких дорожных одежд.

Выполненные расчеты с учетом реального состава и интенсивности движения показали, что конструкция покрытия из клинкера толщиной 50 мм с заполнением швов и подстилающего

слоя толщиной 6 см (по рекомендациям ZTV [9] - такая толщина рекомендуется для категории использования N1) отвечает критериям прочности.

**Приведенный пример наглядно иллюстрирует важность сбора и анализа исходных данных для расчета, которые могут способствовать сокращению затрат на реализацию проекта. Любая типовая конструкция является приближенной и не учитывает реальные условия эксплуатации объекта.**

**2)** В зависимости от категории использования покрытия, местных условий строительства (тип грунта, вид основания и др.) подбирается конструкция дорожной одежды. При назначении конструкции рекомендуется изучить опыт проектирования и строительства аналогичных объектов, в том числе представленных в настоящем пособии (раздел 6). Алгоритм подбора приведен на схеме (рис. 17).

Следует также соблюдать требования нормативно-методических документов по толщинам конструктивных слоев дорожной одежды (табл. 4).

**Таблица 4. Минимальные толщины слоев основания (РМД 32-18-2012 [4], СП 34.13330.2015 [6])**

Наименование материала слоя	Минимальная толщина слоя, см, приукладке	
Щебень и гравий, не обработанные вяжущим и уложенные:	- на песчаное основание	15
	- на укрепленное каменное основание	8..10
	Песок	15

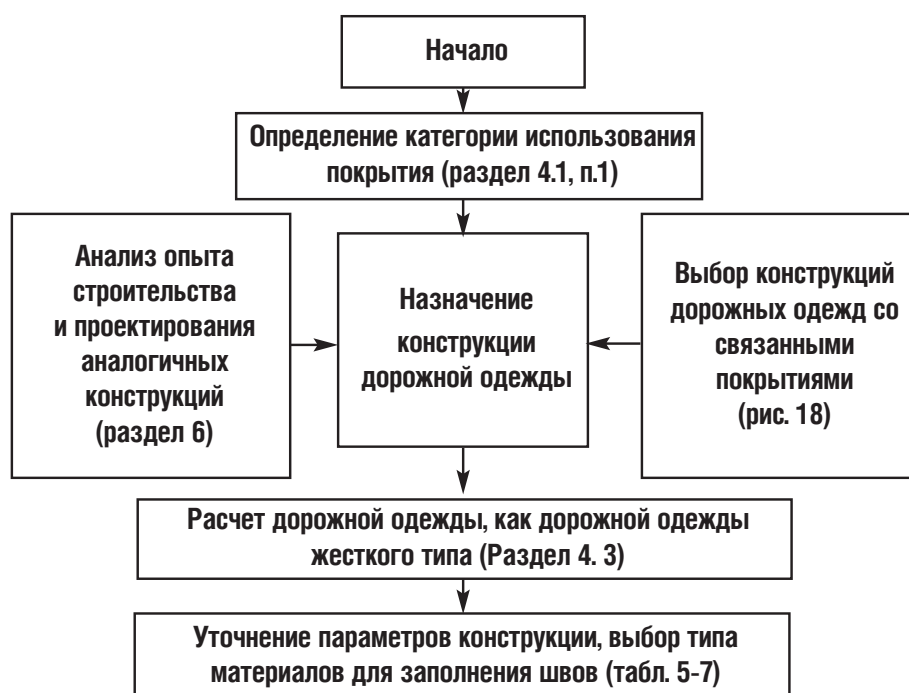


Рис. 17. Алгоритм определения конструкции дорожной одежды



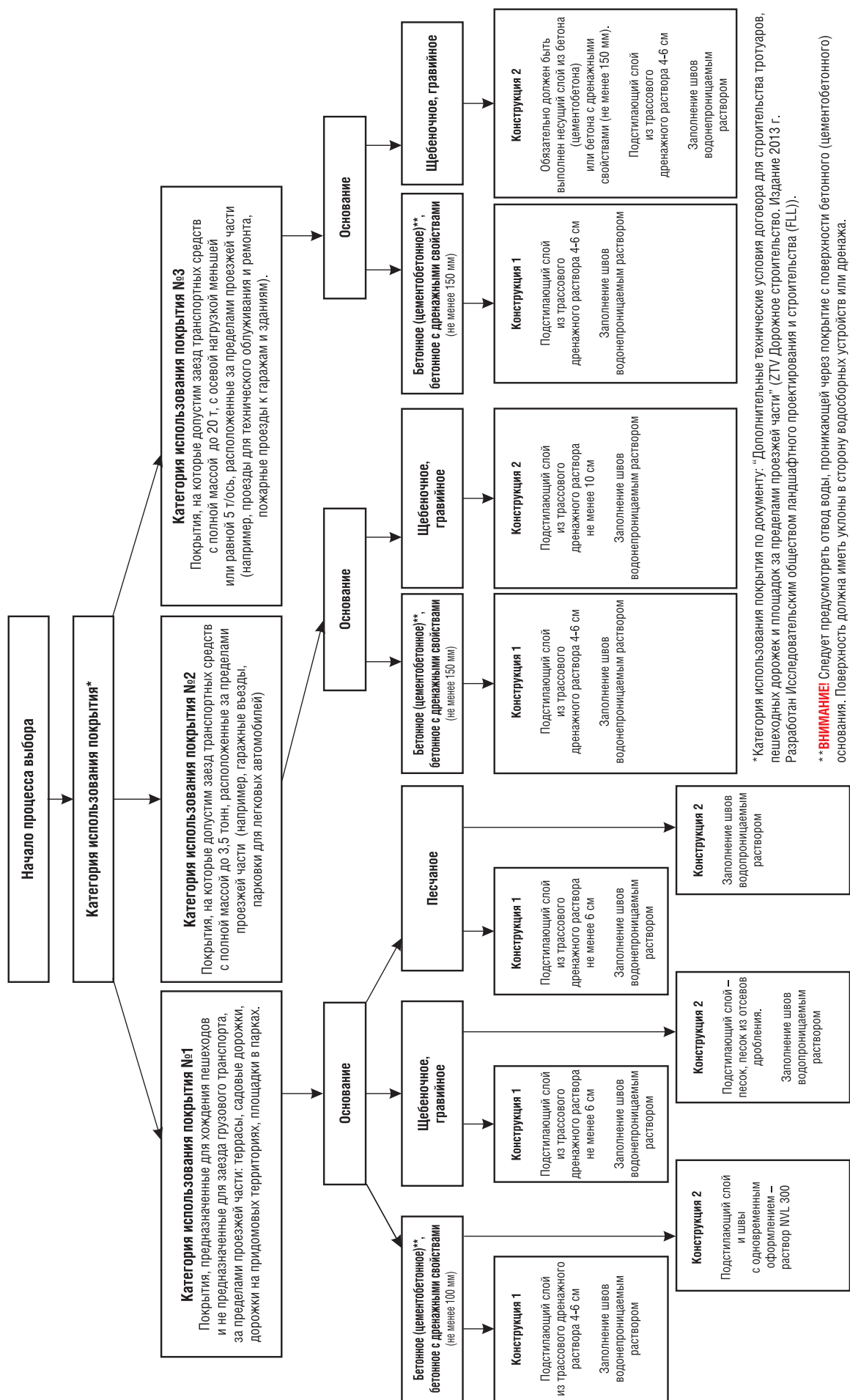


Рис. 18. Алгоритм выбора конструкции дорожного покрытия с применением растворов на основе вяжущих в зависимости от основания дорожной одежды

3) Осуществляется расчет дорожной одежды, как дорожной одежды жесткого типа в сертифицированных программах, например Топоматик–Robur. На данном этапе уточняются параметры конструктивных слоев дорожной одежды.

4) После расчета дорожной конструкции уточняется марка растворов для устройства несущих и подстилающих слоев, а также для заполнения швов с учетом применяемых для мощения материалов и условий эксплуатации (табл. 5-7).

**При выборе вида раствора для заполнения швов следует учитывать также условия зимней эксплуатации покрытий. В частности, антигололедные реагенты можно использовать только при уборке покрытий с заполнением швов из раствора марки PFN-light, имеющим по результатам испытаний высокую стойкость к замораживанию и оттаиванию в их среде.**

**Таблица. 5. Выбор марки раствора для устройства подстилающего слоя в зависимости от категории использования покрытия**

Категория использования	Тип подстилающего слоя 1	Тип подстилающего слоя 2
	Прочность на сжатие [Н/мм <sup>2</sup> ]	Прочность на сжатие [Н/мм <sup>2</sup> ]
N 1	≥10,0 (TDM)	≥10,0 (TCE)
N 2	≥ 20,0 (TDM, TDM+)	
N 3	≥30,0 (TPM-D4)	

**Таблица. 6. Выбор растворов для заполнения швов\***

Материал покрытия	Раствор	Допустимая нагрузка	Цвет	Ширина шва, мм	Водопроницаемость
Клинкерная брусчатка, плиты, гранитная шашка	PFN	Категория использования N1, N2	Антрацит, светло-серый, бежевый	5-25	водонепроницаемый
Клинкерная брусчатка, плиты, гранитная шашка	PFN-light	Категория использования N1, N2. Высокая стойкость к замораживанию и оттаиванию в присутствии антигололедных реагентов.	серый	5-25	водонепроницаемый
Булыжник, многоугольные плиты из естественных каменных материалов	TFN	Категория использования N1	Антрацит, серый, белый, коричневый, кремово-желтый	5-50	водонепроницаемый
Натуральный камень (булыжник, шашка, брусчатка, клинкерный кирпич)	PFL	Категория использования N1, N2	Песчаный	5-50 (глубина шва – не менее 30 мм)	водопроницаемый раствор

\*Примечание. Приведены растворы, произведенные в России.

**Таблица. 7. Свойства водопроницаемых растворов для заполнения швов**

Свойства	Требования
Прочность на сжатие	N1:≥ 5 Н/мм <sup>2</sup> (PFF, PFL) N2:≥ 15 Н/мм <sup>2</sup> (PFM) N3:≥ 25 Н/мм <sup>2</sup> (PFV 30)
Прочность сцепления при отрыве	N1:≥0,2 Н/мм <sup>2</sup> N2:≥ 0,8 Н/мм <sup>2</sup> N3:≥1,0 Н/мм <sup>2</sup>
Водопроницаемость	≥ 1x10 <sup>-5</sup> м/с

**Таблица. 7. Свойства водонепроницаемых растворов для заполнения швов**

Свойства	Требования
Прочность на сжатие	N1:≥ 10Н/мм <sup>2</sup> (TVP, PFL) N2:≥ 20 Н/мм <sup>2</sup> (PFN) N3:≥ 30 Н/мм <sup>2</sup> (PFN)
Прочность сцепления при отрыве	N1:≥0,4 Н/мм <sup>2</sup> N2:≥ 0,8 Н/мм <sup>2</sup> N3:≥1,0 Н/мм <sup>2</sup>
Стойкость к замораживанию и оттаиванию в присутствии антигололедных реагентов	≥ 800 г/мм <sup>2</sup>

### 4.3. Особенности расчета

Нормативных методов расчета дорожных покрытий из элементов мощения (натуральных или искусственных камней) в отечественной практике не существует. Имеются методики расчета нежестких и жестких дорожных одежд, на основе которых могут быть выполнены эти расчеты.

**Однако, 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 [18]. Поэтому, иногда в зарубежной инженерной практике, дорожное покрытие из элементов мощения трансформируется в эквивалентный слой из какого-либо материала (асфальтовый слой, цементно-щебеночный слой). Замена мощения эквивалентным слоем позволяет использовать для расчета стандартные методы расчета дорожных одежд.

Более подробно возможный способ расчета дорожной одежды со связанным покрытием рассмотрим на примере разработки проектного решения по мощению Шлиссельбургского шоссе (Санкт-Петербург). Применение растворов на основе вяжущих для устройства булыжного мощения на этом объекте было вызвано высокими транспортными нагрузками и другими факторами строительства и эксплуатации (более подробно см. также раздел 6.5).

Основываясь на рекомендациях из документа «Дополнительные технические условия договора для строительства тротуаров, пешеходных дорожек и площадок за пределами проезжей части» [9] (Раздел 4.1) была подобрана следующая конструкция: несущий слой из дренажного бетона 15 см, подстилающий слой из дренажного бетона – 5 см, булыжное мощение с заполнением швов – 14 см. Трансформация дорожного покрытия в эквивалентный слой представлена в табл.8.

**Таблица 8. Трансформация дорожного покрытия в эквивалентный слой**

Элемент конструкции дорожного покрытия	Толщина	Эквивалентный слой
Булыжный камень с заполнением швов водопроницаемым раствором	14 см	5 см
Подстилающий слой из дренажного бетона	4-6 см	5 см
Несущий слой из дренажного бетона	от 15 см	15 см
		Итого: 25 см

Для расчета использовалась сертифицированная программа “Топоматик Robur” (разработчик НПФ “Топоматик”, Санкт-Петербург, сертификат соответствия № РОСС RU.СП15.Н00649). Сертификат на право использования № 001-06-2012-08.)

Покрытие из камней мощения с применением растворов на основе вяжущих представляет, по-существу, монолитную

цементобетонную плиту, которая рассчитывается как жесткое покрытие [18]. Дренажный бетон (трассовый дренажный раствор TDM) имеет следующие характеристики: прочность на сжатие – 16 Н/мм<sup>2</sup>, прочность на изгиб – 3,5 Н/мм<sup>2</sup>.

Расчет дорожной одежды жесткого типа выполняется в программе по Методическим рекомендациям по проектированию жестких дорожных одежд (взамен ВСН 197-91) и распространяется на проектирование дорожных одежд на вновь сооружаемых дорогах и новых участках реконструируемых дорог.

В программе реализованы расчеты: на прочность (по упругому прогибу, по условию сдвигустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев; на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению на растяжение при изгибе; на статическую нагрузку), на морозостойчивость, расчет дренажирующего слоя.

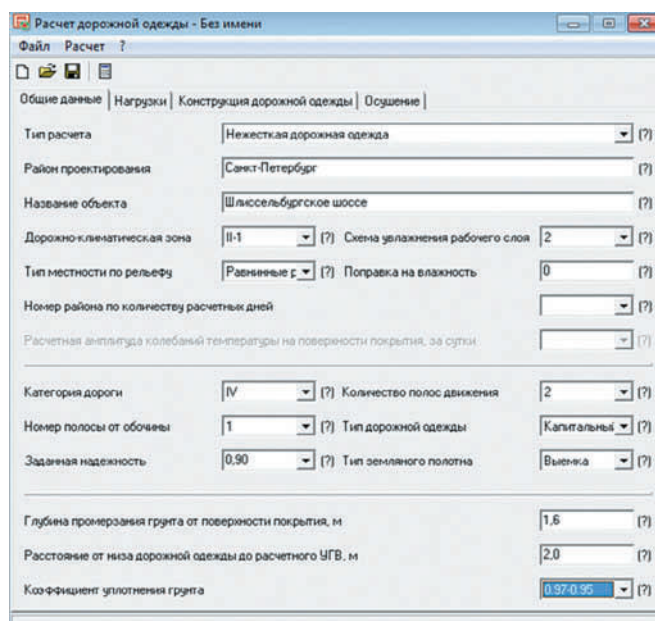
Исходные для расчета данные: дорожно-климатическая зона, категория автомобильной дороги и другие взяты из технического задания на проектирование.

Программа в автоматическом режиме ведет подбор толщин слоев дорожной одежды и предлагает наиболее оптимальный вариант. Условная стоимость принималась в рублях для слоя толщиной 1 см на единицу площади покрытия (табл. 9).

Примеры диалогового окна из программы Топоматик Robur показаны на рис. 19.

**Таблица 9. Условная стоимость (руб) материалов конструктивных слоев на 2015 г. (слой толщиной 1 см на 1 кв. м. покрытия)**

Материал слоя	Стоимость, руб
Трассовый дренажный раствор TDM	505
Щебень	12
Песок	4



**Рис. 19. Пример диалогового окна программы Топоматик Robur**

## Результаты расчета (рапечатка из программы «Топоматик–Robur»)

**РАЙОН ПРОЕКТИРОВАНИЯ:** Санкт-Петербург

**НАЗВАНИЕ ОБЪЕКТА:** Шлиссельбургское шоссе

Категория дороги - 4.

Дорожно-климатическая зона - II-1

Схема увлажнения рабочего слоя - 2

Расстояние от уровня грунтовых вод до низа дорожной одежды - 2,00 м

Тип дорожной одежды - капитальный

Тип нагрузки: АК10

- давление на покрытие,  $P$  - 0,54 МПа

- расчетный диаметр следа колеса,  $D$  - 39,00 см

Требуемый уровень надежности - 0,90

Коэффициент прочности - 1,10

Глубина промерзания грунта в районе проектирования - 1,60 м

### РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ

Группа расчетной нагрузки - АК10

Диаметр штампа расчетного колеса - 39,000 см

Приведенная интенсивность на год службы  $T=1$  - 94,600 авт/сут

Приведенная интенсивность на срок службы дорожной одежды  $T=10$  - 0,000 авт/сут

Расчетное количество дней в году - 145

Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки - 15723,110

### КОНСТРУКЦИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

1:  $h=25,00$  см - "Бетон мелкозернистый, класса  $B_{tb} = 2,8$ ,  $E = 22500$ "

2:  $h=28,00$  см - "Щебень фр. 40-80 мм трудноуплотн. (гранитн) с заклинивающим мелким щебнем  $E=350$  МПа"

3:  $h=0,00$  см - "Геосинтетика Геосинтетический материал ( $P_p = 10 - 20$  Кн/м,  $E_p = 50 - 70\%$ )"

4:  $h=65,00$  см - "Песчаные основания песок средней крупности содержание пылевато-глинистой фракции: 5%"

5:  $h=0,00$  см - "Геосинтетика Геосинтетический материал ( $P_p = 10 - 20$  Кн/м,  $E_p = 50 - 70\%$ )"

6:  $h=0,00$  см - "Грунт суглинок тяжелый"

### РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ СЛОЕВ

Слой 1:  $\Gamma=2400,00$ ,  $E_1=22500,00$ ,  $E_2=1100,00$ ,  $R_0=2,80$

Слой 2:  $\Gamma=1800,00$ ,  $E=350,00$

Слой 3:

Слой 4:  $\Gamma=1950,00$ ,  $E=120,00$ ,  $C=0,00300$ ,  $C_{\text{стат}}=0,00500$ ,  $\Phi=28,94$ ,  $\Phi_{\text{стат}}=33,00$

Слой 5:

Слой 6:  $W=0,770$ ,  $E=32,02$ ,  $C=0,00552$ ,  $C_{\text{стат}}=0,01342$ ,  $\Phi=6,37$ ,  $\Phi_{\text{стат}}=14,21$

### РАСЧЕТ ПО СДВИГУ

Давление от колеса на покрытие - 0,544 МПа

Расчет для слоя "Грунт суглинок тяжелый"

$E_6 = 32,02$

Толщина слоев - 118,0 см

Средний модуль упругости верхних слоев - 382,20 МПа

Общий модуль упругости нижних слоев - 32,02 МПа

Угол внутреннего трения, градусы - 6,37

Действующее активное напряжение сдвига - 0,00549 МПа

$K_d = 1,5$

Средняя плотность - 2009,75 кг/куб.м

Предельное активное напряжение сдвига - 0,01728 МПа

Требуемый коэффициент прочности - 0,940

Коэффициент прочности - 3,148

### РАСЧЕТ ДЛЯ СЛОЯ "ПЕСЧАНЫЕ ОСНОВАНИЯ ПЕСОК СРЕДНЕЙ КРУПНОСТИ СОДЕРЖАНИЕ ПЫЛЕВАТО-ГЛИНИСТОЙ ФРАКЦИИ: 5%"

$E_6 = 32,02$

$E_{4-6} = 82,05$  (76,25)

Толщина слоев - 53,0 см

Средний модуль упругости верхних слоев - 703,77 МПа

Общий модуль упругости нижних слоев - 82,05 МПа

Угол внутреннего трения, градусы - 28,94

Действующее активное напряжение сдвига - 0,01025 МПа

$K_d = 4,0$

Средняя плотность - 2083,02 кг/куб.м

Предельное активное напряжение сдвига - 0,04068 МПа

Требуемый коэффициент прочности - 0,940

Коэффициент прочности - 3,969

**Прочность обеспечена**

### РАСЧЕТ НА РАСТЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ

$E_6 = 32,02$  МПа

$E_{4-6} = 82,05$  (76,25)

$E_{2-6} = 165,35$  (141,62)

Общий расчетный модуль упругости - 165,35 МПа

Упругая характеристика плиты - 69,513 см

Температурный коэффициент  $K_t$  - 0,730

Напряжение растяжения при изгибе - 1,574 МПа

Коэффициент набора прочности со временем - 1,20

Коэффициент усталости бетона - 0,588

Расчетная прочность бетона на растяжение при изгибе - 1,875 МПа

Коэффициент прочности - 1,191

Требуемый коэффициент прочности - 0,940

Прочность обеспечена

### ПРОВЕРКА МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТИ

Грунт суглинок тяжелый

Номер грунта по пучинистости - 3

Допустимая величина морозного пучения - 3,0 см

Козф. учит. влияние глубины залегания УГВ - 0,62

Козф. завис. от степени уплотнения грунта - 1,30

Козф. учит. влияние гранулометрич. состава - 1,30

Козф. учит. влияние нагрузки от собств. веса - 0,90

Козф. завис. от расчетной влажности грунта - 1,17

Средняя величина морозного пучения - 2,6 см

Требуемая толщина дорожной одежды - 117,8 см

Фактическая толщина дорожной одежды - 118,0 см

Морозоустойчивость обеспечена

По результатам вычислений была рекомендована следующая конструкция, представленная в табл. 10. Подстилающий слой увеличен до 9 см (по опыту применения растворов при ремонте булыжного мощения на территории Петропавловской крепости (см. раздел 6) с учетом допусков на размер булыжного камня), а несущий уменьшен до 11 см. Однако, общая толщина подстилающего и несущего слоя составила 20 см, как и было принято в расчете.

Предложенная конструкция соотносилась с первоначальным вариантом, предусматривающим устройство основания из тощего бетона (общая толщина дорожной одежды по этому варианту – 136 см). Вместо “тощего” цементобетона толщиной 16 см предлагается использовать несущее основание из дренажного бетона толщиной 11 см. Это слой совместно с булыжным мощением, выполненным с закреплением швов раствором, по-существу, представляет собой монолитную плиту с требуемой для автомобильного движения несущей способностью. Значительная толщина дополнительного слоя основания из песка объясняется наличием в основании высоко пучинистых грунтов.

Для анализа полученных результатов можно использовать какие-либо аналогичные конструкции мощения. Так, на территориях портов и контейнерных терминалах, общая толщина дорожных одежд составляет от 90 до 130 см [15].

**Таблица 10. Конструкция дорожной одежды с булыжным мощением с применением растворов на основе вяжущих**

Булыжное мощение с заполнением швов водопроницаемым раствором PFM (основание камней обрабатывается адгезионным раствором для повышения сцепления с подстилающим слоем TNH-raid).	14 см
Подстилающий слой из дренажного бетона TDM.	9 см
Несущий слой из дренажного бетона TDM	11 см
Щебень фр. 40-80 мм с заклиной мелким щебнем	28 см
Геосетка	
Песок средней крупности	65 см
Геотекстиль	-
<b>Общая толщина дорожной одежды</b>	<b>127 см</b>

## 4.4. Деформационные и температурные швы

В мощеных дорожных покрытиях, выполненных с применением растворов на основе вяжущих, в зависимости от их конструктивных особенностей, могут предусматриваться температурные и деформационные швы. Основные критерии для выбора конструкций швов, применяемых в мощении:

- 1) Ширина шва.
- 2) Ожидаемые горизонтальные изменения ширины шва.
- 3) Ожидаемые вертикальные сдвиги.
- 4) Водонепроницаемость или водопроницаемость.
- 5) Стойкость конструкции к агрессивным средам.
- 6) Интенсивность нагрузок.

Описание температурных и деформационных швов содержится в табл. 11.

Деформационные швы обязательно выполняются над швами в несущей конструкции и основании.

Температурные напряжения в зависимости от материалов, используемых при изготовлении покрытия и применяемого раствора для заполнения швов, могут проявлять себя по-разному. В зависимости от породы камня при встречающихся в реальности разности температур свободное изменение длины плит может составлять, например, для гранита от 0,5 мм/м. Пример определения расстояния между температурными швами (выполнен Ермолаевым О. ЗАО “Квик-микс” по методики из книги [7]) приведен в табл. 12)

**Таблица 11. 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>



**Таблица 12. Пример определения расстояния между температурными швами**

1. Длина брусчатки (материал: гранит) - 200 мм.
2. Длина шва шовного раствора PFN (в расчетах принимаем, как неармированный бетон) - 10 мм .  
Шов PFN = 10 мм  
Общая длина элемента 210 мм.



**Величина линейного изменения размеров элемента:**

$$\Delta L = L_{уст} \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$\Delta L$  - величина линейного изменения размеров элемента, мм;

$L_{уст}$  - начальная длина элемента, мм;

$\alpha$  - к-т теплового линейного расширения,  
( $\alpha$  для гранита = 0,0000053 (1/°C);  
неармированный бетон = 0,000010 (1/°C))

$\Delta T$  - изменение температуры элемента, °C ( $\Delta T$  = от -20°C до +60°C = 80°C )

$$\Delta L \text{ брусчатки} = 200 \text{ мм} \cdot 0,0000053 (1/^\circ\text{C}) \cdot 80^\circ\text{C} = 0,0848 \text{ мм}$$

$$\Delta L \text{ шва} = 10 \text{ мм} \cdot 0,000010 (1/^\circ\text{C}) \cdot 80^\circ\text{C} = 0,0008 \text{ мм}$$

$$\text{Общая линейная деформация элемента: } \Delta L \text{ брусчатки} + \Delta L \text{ шва} = 0,0848 \text{ мм} + 0,0008 \text{ мм} = 0,0856 \text{ мм}$$

Если деформационный шов делать через 5 м, то:  
5000 мм / 210 мм = 23,81 шт.

Общая линейная деформация пятиметрового элемента покрытия:  
23,81 шт · 0,0856 мм = 2,04 мм.

С коэффициентом запаса 4 общая ширина деформационного шва будет равна: 2,04 мм · 4 = 8,16 мм , т.е. примерно 10 мм.

Шов заполняем полиуретановым герметиком с деформативностью 25-30% (класс 25 LM).

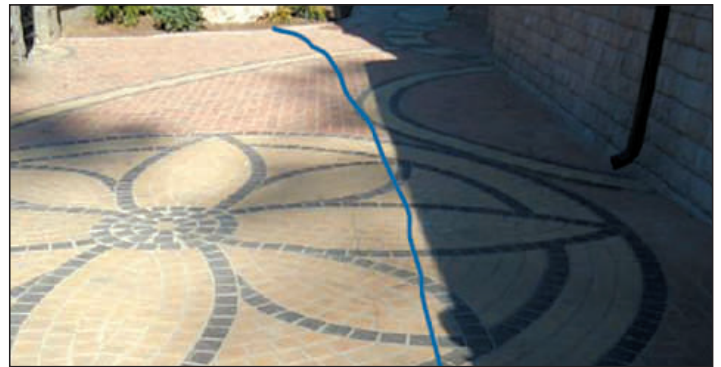
Благодаря использованию основания с повышенной прочностью сцепления (при необходимости с раствором для улучшения адгезии) возможные изменения длины уменьшаются вследствие улучшенной связи с основанием и подстилающем слоем. В жесткой конструкции трещины в результате температурных колебаний являются неизбежными, поэтому сами по себе такие трещины не рассматриваются как технический дефект.

Таким образом, связанные конструкции должны быть выполнены с использованием температурных швов, задачей которых является уменьшение напряжений, возникающих в покрытиях (рис. 20). Рекомендации по их устройству содержатся в Указаниях WTA 5-21 «Жесткая конструкция-историческая брусчатка» [17].

**Рекомендации по устройству температурных швов**

Задачей температурных швов является восприятие перемещений прилегающих с обеих сторон поверхностей, вызванных изменением температуры, и одновременно обеспечение достаточной опоры для этих поверхностей.

Для уменьшения растрескивания вследствие внутренних напряжений мощные покрытия делят на участки определенных



**Рис. 20. Трещины в связанных покрытиях от температурных напряжений.**

размеров. Если в покрытии имеется сужение (например, сужение дороги или наличие встроенного элемента), то в самом узком месте должен быть расположен деформационный шов. Однако, деление на участки, в принципе, не может полностью предотвратить возникновение трещин вследствие внутренних напряжений.

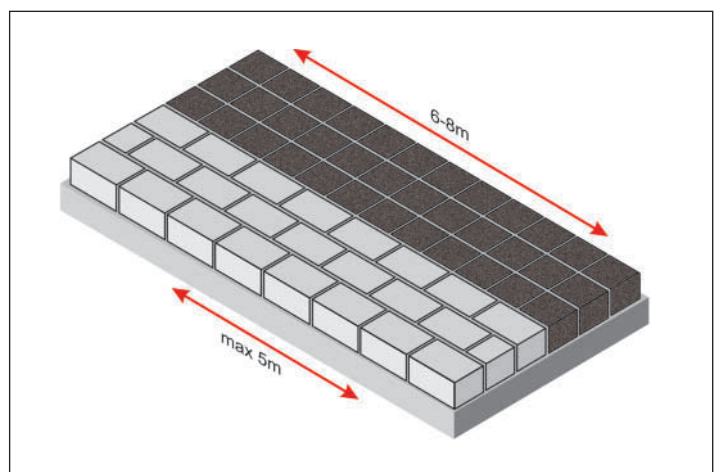
Температурные швы должны быть расположены около выступающих встроенных элементов, таких как бордюры, фасады, стены из каменной кладки, и прочих конструкций, ограничивающих покрытие по краю. В этих температурных швах, по которым отсутствует движение транспорта, могут восприниматься перемещения большей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

Также температурные швы должны быть расположены по линиям примыкания к покрытиям нежесткой конструкции.

Расстояние между температурными швами, в зависимости от породы камня, размеров элементов и типа заполнения швов, по рекомендациям компании «Sopro» должно составлять (рис. 21):

- до 5 м для брусчатки размерами в плане 100 x200 мм;
- до 8 м для камней размерами в плане 100 x100 мм.

По данным компании «FTM» расстояние между температурными швами в дорожных покрытиях может составлять от 5 до 18 м.



**Рис. 21. Рекомендации по расположению деформационных швов в покрытии компании «Sopro»**



Если в покрытии жесткой конструкции выполняются желоба или участки примыкают к протяженным встроенным элементам в виде полосы, то деформационные швы также должны быть выполнены вдоль этих элементов (например, водостоки). Дополнительно рекомендуется выполнение деформационных швов на расстоянии примерно 0,75 м до и после водосборных лотков.

В области желобов, в поворотах, деформационные швы выполняют с наименьшим указанным промежутком.

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

Если в несущем слое имеются надрезы или швы, то они должны быть продолжены до верхнего слоя покрытия из камней/плит мощения.

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

Для снятия возникающих напряжений в качестве альтернативы температурным швам могут служить так называемые «зоны снятия напряжений». Однако, их нельзя располагать в зонах с магистральным движением.

Зоны снятия напряжения могут быть выполнены из того же покрытия, что и прилегающие поверхности, но иметь нежесткую конструкцию.

Зоны снятия напряжений должны быть окружены эластичными швами.

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

**ПОЭТОМУ, ВОЗМОЖНЫ СЛЕДУЮЩИЕ РЕШЕНИЯ:**

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

Примеры выполнения температурных и деформационных швов показаны на рис. 22.

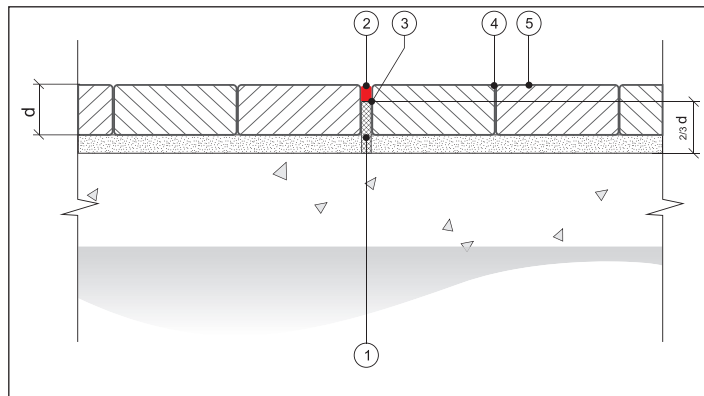


Рис.22. (а) Пример деформационного шва в брусчатых и плиточных покрытиях связанной конструкции при отсутствии автомобильного движения

1- лента для предварительного заполнения швов (например, лента из полиуретанового каучука); 2-заполнение швов; 3-песок; 4-раствор для заполнения швов; 5 –камни/плиты мощения

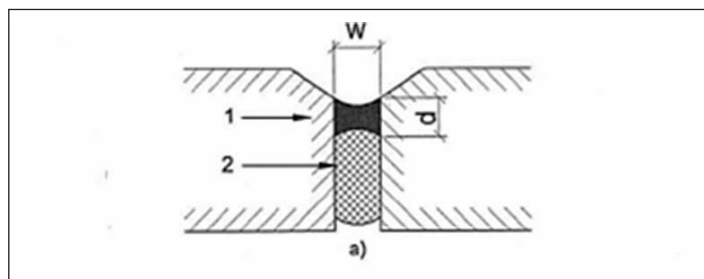


Рис. 22. (б) Пример использования полиуретанового герметика для устройства температурных швов.

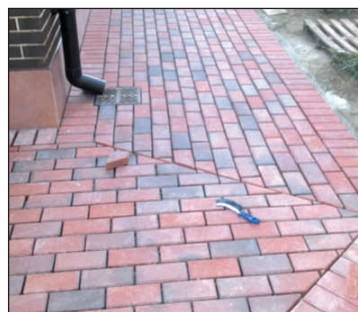


Рис. 22. (в) Пример устройства температурных швов на отмостке в зоне угла здания.

## 5. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО МОЩЕНИЮ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ ВЯЖУЩИХ

### 5.1. Основные положения

На объект строительства растворы могут поставляться в мешках в виде сухой смеси, в мешках в комплекте с отвердителями или в готовом виде в вакуумных упаковках (банках) небольшой емкости. За рубежом, на объекты строительства, где площадь мощения достаточно большая растворы доставляются в специальных емкостях-силосах (рис. 23). Использование силоса позволяет оптимизировать технологический процесс мощения, повысить экологическую культуру при производстве работ (отсутствует пыль и грязь, которые образуются при использовании бумажных мешков).

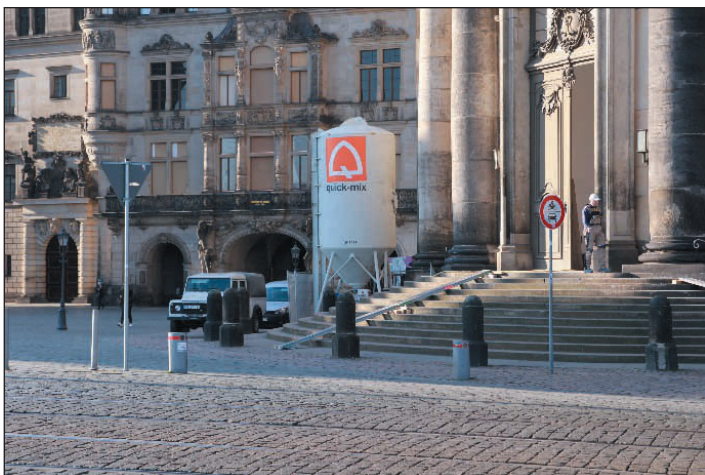


Рис. 23. Силос для транспортировки и хранения растворов на объекте строительства (Германия).

**При устройстве подстилающего слоя из трассового дренажного раствора должны быть выполнены следующие указания.**

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

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

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

4) Камни/плиты должны быть очищены от пыли и загрязнений, а также при необходимости от шлама, возникающего при их резке. Эта операция имеет большое значение для достижения достаточной прочности сцепления между камнями/плитами и раствором для подстилающего слоя. Для улучшения адгезии изнаночные поверхности камней/плит обрабатываются адгезионным раствором-шламом TNH-flex.

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

очищать покрытие от остатков раствора и прочих загрязнений.

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

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

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

**При применении растворов для заполнения швов следует руководствоваться следующими положениями.**

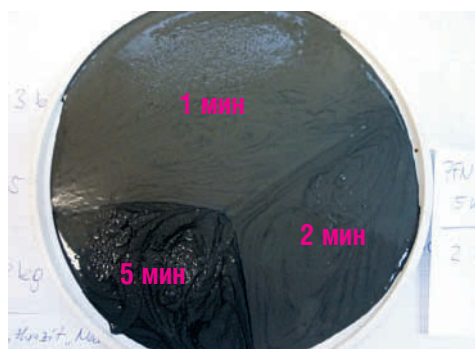
1) Момент расшивки швов зависит от применяемых материалов, погодных условий и прочности раствора для подстилающего слоя. При благоприятных погодных условиях (+20 / 65% относительной влажности воздуха)) заполнение швов возможно производить через 24 часа после устройства подстилающего слоя и устройства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



Рис. 24. Нарушение эстетического вида мощения вследствие нарушения технологии выполнения работ (Петропавловская крепость, Санкт-Петербург, 2015 г).



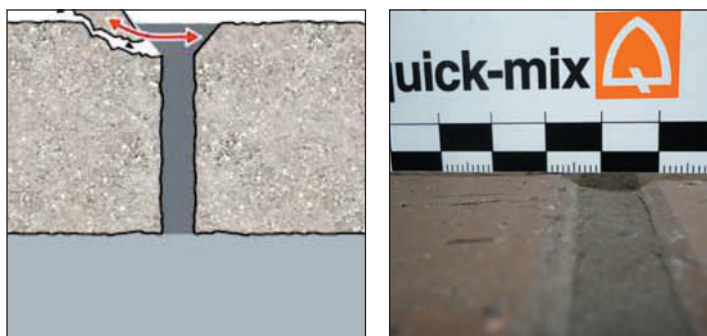
2) Консистенция раствора должна быть такой, чтобы обеспечивалось полное заполнение швов. Время перемешивания раствора для заполнения швов должно составлять не менее 3-4 мин (рис. 25).



**Рис. 25. Консистенция раствора должна быть такой, чтобы обеспечивалось полное заполнение швов. Время перемешивания раствора для заполнения швов должно составлять не менее 3-4 мин.**

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

4) Независимо от ширины швы должны быть полностью заполнены до высоты 1-3 мм ниже поверхности покрытия или нижнего края фаски. При использовании камней/плит с фаской или скругленными гранями необходимо следить за тем, чтобы пространство шва было заполнено только до нижнего края фаски/скругления (см. рис. 26).



**Рис. 26. Заполнение швов растворами должно, по возможности, заканчиваться поверхностью камня, для скошенных камней – фасками.**

5) После расшивки швов, через установленное в инструкции к растворам время, покрытие необходимо тщательно очистить (рис. 27). Водопроницаемые растворы с вяжущими на основе реактивных смол счищаются с поверхности камней/плит щетками, а водонепроницаемые растворы с гидравлическим вяжущим – водой. При использовании воды необходимо следить за тем, чтобы очистка не вызвала потерю прочности раствора для заполнения швов и раствор из швов не вымывался. Застой воды в швах недопустим и может привести к белесым налетам (рис. 28.). Для удаления излишков воды, особенно из швов, используются губки (рис. 29).



**Рис. 27. Определение времени до начала очистки для водонепроницаемых растворов. Тест “большого пальца”. Раствор начал схватываться - можно приступить к очистке.**

Если очистка мощения не выполнена качественно, то на покрытие образуется белый налет (рис. 28-30). Такие последствия некачественной очистки трудно исправляются (см. п. 5.7).



**Рис. 28. Белесый налет в швах вызван застоем воды в них во время очистки поверхности мощения (табачная фабрика “Петро”).**



**Рис. 29. Пример удаления образовавшихся после очистки мощения излишков воды в швах с помощью губки.**



**Рис. 30. Некачественная очистка мощения после заполнения швов водонепроницаемым раствором (Большой двор Зимнего дворца, Санкт-Петербург, 2015 г.).**

6) До достижения достаточной прочности раствора для заполнения швов дорожное покрытие по возможности следует оградить от движения на строительной площадке, пешеходного и транспортного движения. Как правило, обработанная поверхность пригодна для хождения спустя ~ 24 часа и выдерживает полную нагрузку спустя ~ 7 дней. (Данная информация действительна при проведении работ в нормальных условиях (+20 °C / 65% относительной влажности воздуха)). В случае транспортных нагрузок - движение легкового транспорта малой интенсивности может быть разрешено не ранее, чем через 7 дней. Движение транспорта с высокой интенсивностью может быть разрешено спустя 28 дней.

7) При необходимости (осадки, возможное попадание грязи и т. п.) покрытие со свежими расшитыми швами следует укрыть. При закрывании полиэтиленовой пленкой необходимо обеспечить достаточное проветривание поверхности под пленкой (не следует укладывать пленку непосредственно на брусчатку, следует использовать прокладки), рис. 31.



**Рис. 31. Отсутствие воздушного зазора между урывочным материалом и мощением привело к образованию белых налетов на покрытии.**

Пример технологии работ по мощению с применением растворов на основе гидравлических вяжущих (водонепроницаемых) проиллюстрирована на рис. 32.

Перед началом работ на всей площади мощения рекомендуется выполнить небольшие фрагменты покрытий (тестовые участки) для отработки технологии и уточнения ожидаемого эстетического эффекта от цвета раствора (рис. 33).



**Рис. 32. Пример применения растворов на основе трассово-цементных вяжущих при мощении естественными каменными материалами**

- 1 – обработка основания камня адгезионным раствором; 2 – укладка камня в покрытие; 3 – общий вид дорожного покрытия после мощения (швы не заполнены); 4 – распределение по поверхности покрытия раствора для заполнения швов; 5 – очистка покрытия с помощью факела воды под давлением



**Рис. 33. Перед началом работ на всей площади мощения рекомендуется выполнить небольшие фрагменты покрытий (тестовые участки) для отработки технологии и уточнения ожидаемого эстетического эффекта от цвета раствора.**

К нижележащим слоям основания дорожной в зависимости от категории использования покрытия предъявляются требования: по степени уплотнения, несущей способности, модулю деформации, водонепроницаемости, плоскостности и уклону.

Требования к основанию по несущей способности (модулю деформации) содержатся в РМД 32-18-2012 (актуализированная редакция) [4].

## **ПАМЯТКА ПО МОЩЕНИЮ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ ВЯЖУЩИХ**

1) Планирование работ. Предпочтительнее планировать работы на лето, когда температура наружного воздуха положительная и стабильная. Не следует производить работы во время когда возможны осадки, дождь или снег. Этот фактор следует учитывать и предварительно обговаривать с подрядчиком, который должен быть готов к гибкому графику работы, с учетом требований к технологии работ (необходимого времени для набора прочности подстилающего слоя) и погодной ситуации.

2) Привлекайте квалифицированных мостовщиков, так как работа с растворами требует неукоснительного соблюдения инструкций и точного соблюдения всех пропорций при их замесе. Инженерно-технический персонал должен непрерывно контролировать качество выполнения всех этапов работ. Особенное внимание следует уделять процессу очистки покрытия от остатков шовных растворов.

3) Соблюдайте инструкции, которые размещаются на мешках. На сайте компании [www. quikmix.ru](http://www.quikmix.ru) Вы можете посмотреть описание растворов и видеоролики о их применении.

4) Не спешите! Первоначально, следует провести работы на небольшом фрагменте (тестовом участке), чтобы отработать технологию работ, убедиться в ожидаемом эстетическом эффекте от заполнения швов. Только после отработки всех этапов технологии следует переходить на основную площадь работ.

5) В солнечную погоду чаще контролируйте время до удаления шовных растворов с поверхности мощения.

6) Для очистки покрытия от шовных растворов требуется большое количество воды. Чистите мощение до “чистой воды” в емкости. Воду для финишной чистки поверхности покрытия от остатков растворов надо менять не менее 6 раз! Запаситесь губками для удаления излишков воды из швов и качественной очистки мощения.

7) Защитите прилегающие к месту выполнения работ участки от смываемого раствора. Не допускайте застой на них грязной воды, позаботьтесь о ее удалении.

8) В дождливую погоду, после удаления остатков шовного раствора, дорожное покрытие следует укрыть п/э пленкой с обеспечением воздушного зазора. Укрытие может потребоваться, если есть опасность попадания на дорожное покрытие посторонних предметов (листья, хвойные иголки и т. п.).

9) Не смешивайте растворы, не используйте для удаления их остатков чистящие средства других производителей.

10) При необходимости проконсультируйтесь со службой технической поддержки: +7 (499) 42-908-42.

### **ПОМНИТЕ!**

**ОТКЛОНЕНИЯ ОТ УКАЗАНИЙ ИНСТРУКЦИЙ  
И ТЕХНОЛОГИИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ВЛЕЧЕТ  
ЗА СОБОЙ НАРУШЕНИЕ ЭСТЕТИЧЕСКОГО ВИДА  
ПОКРЫТИЯ И ДРУГИЕ ДЕФЕКТЫ, КОТОРЫЕ  
ПРАКТИЧЕСКИ НЕ УСТРАНЯЮТСЯ!**



## 5.2. Мощение булыжником, гранитной шашкой и брусчаткой

Мощение булыжником, гранитной шашкой и брусчаткой, в основном, используется при благоустройстве территорий памятников архитектуры, истории и культуры (см. раздел 6).

Эти материалы должны обязательно калиброваться по размерам непосредственно перед укладкой. Калибровка позволит сократить расход раствора для устройства подстилающего слоя и заполнения швов. Булыжные камни при укладке должны подгоняться друг к другу таким образом, чтобы между ними образовывался треугольный зазор. Правила мощения булыжником, гранитной шашкой и брусчаткой оговариваются в РМД 32-18-2012 [4]. По опыту реализованных объектов расход раствора для заполнения швов в булыжном мощении (фр. 100-120) и мощении из колотой гранитной шашки 100 x 100 мм составляет от 8 до 11 кг на кв. м (большие значения относятся к булыжному мощению). Так как колотая гранитная шашка имеет грубую лицевую поверхность, следует особое внимание уделять

ее очистки после нанесения шовных растворов. При мощении больших площадей, для более точного определения расхода растворов рекомендуется первоначально выполнить небольшой тестовый участок.

При ремонте мощения, в случаях, когда на покрытие предполагается только воздействие пешеходных нагрузок, возможно выполнить только заполнение швов водонепроницаемыми растворами без устройства подстилающих слоев из дренажных растворов (см. указания раздела 4). Технология работ по заполнению швов проиллюстрирована на рис. 34-37. Перед началом работ по заполнению швов камни должны иметь устойчивое положение в покрытии, а швы должны быть расшиты на глубину не менее 30 мм. Возможные незакрепленные камни/плиты необходимо зафиксировать с помощью трассового дренажного раствора.



Подготовленное корыто



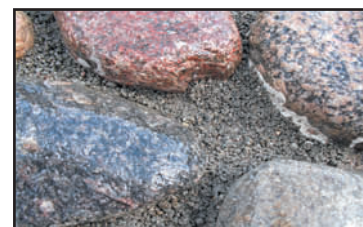
Обработка основания булыжника адгезионным раствором



Укладка булыжника



Водосборный лоток



Булыжник после укладки на дренажный раствор

Рис. 34. Технология укладки булыжника на монтажный слой из дренажного раствора TDM (Петропавловская крепость, Санкт-Петербург)

**Правила мощения булыжником изложены в РМД 32-18-2012 [4]. Для экономии растворов важно выполнять следующие рекомендации.**

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

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





**Расшивка швов факелом воды под высоким давлением**



**Распределение раствора по булыжному мощению**



**Тщательное заполнение швов**



**Очистка булыжника. Удаление остатка раствора щеткой**



**Увеличенные швы способствуют большому расходу раствора**



**Вид мощения после заполнения швов**

**Важно!**

Вовремя удалить с покрытия остатки раствора для заполнения швов. Следует строго соблюдать инструкцию.

**Рис. 35. Технология заполнения швов водопроницаемым раствором PFM (Петропавловская крепость, Санкт-Петербург)**





а)



б)

Рис. 36 (а). Заполнение швов водопроницаемыми растворами PFL (Петропавловская крепость, 2015 г):  
а- расшивка швов и предварительное увлажнение; б)-заполнение швов.



Рис. 36 (б) Недостаточная высота шовного водопроницаемого раствора PFL (менее 30 мм) может привести к его разрушению от внешних нагрузок.





**Расшивка швов на глубину не менее 30 мм**



**Распределение по поверхности дорожного покрытия водопроницаемого раствора PFM с тщательным заполнением швов**



**Подметание поверхности мощения щеткой**



**Правила мощения естественной брусчаткой и шашкой изложены в РМД 32-18-2012 [4]. Важны следующие положения правил.**

- Брусчатку перед укладкой обязательно сортируют непосредственно на объекте строительства — отбирают такую, которая по высоте имеет различие не более 1 см, а по ширине не более 0,5 см.
- Укладка брусчатки ведется по всей ширине мостовой от основания, от борта к середине дороги, если имеется продольный уклон, - то снизу вверх. Первоначально укладываются отдельные камни, по которым должна равняться вся мостовая. Эти камни называют «маяками». Маяки укладывают вдоль каждого третьего ряда на расстоянии 5 м друг от друга.

**Рис. 37. Технология заполнения швов водопроницаемым раствором PFM (Петропавловская крепость, Санкт-Петербург)**



### 5.3. Мощение клинкером

Мощение клинкером используется преимущественно при благоустройстве территорий жилой и общественно-деловой застройки.

Согласно нормам DIN EN 1344 минимальная толщина тротуарного клинкера для несвязанной конструкции составляет 40 мм, для конструкции со связанным подстилающим слоем 30 мм (DIN EN 1344).

**На лицевой поверхности клинкера могут быть небольшие каверны и раковины, в которых застревает шовный раствор (рис 38.). Очистка такой поверхности вызывает трудности. Заказчик должен быть предупрежден о таких последствиях. Остатки шовного раствора в раковинах и кавернах не является дефектом проведения работ по использованию растворов [17, 18] (рис. 39).**

Для дополнительной очистки лицевой поверхности может быть использована струя воды под высоким давлением (рис. 40).

Такой способ применяется не ранее, чем через 7 дней с момента устройства покрытия. При этом надо следить за тем, чтобы вода



Рис. 38. Раковины на лицевой поверхности клинкера

под давлением не размыла швы. После обработки мощения швы следует вытереть от излишков воды.



Рис. 39. Остатки шовного раствора в раковинах и кавернах клинкера



Рис. 40. Очистка клинкера водой под высоким давлением. Внимание! Надо следить, чтобы раствор в швах не размывался!

### 5.4. Мощение плитами из естественных каменных материалов

Плиты в настоящее время активно используются при мощении городских площадей и тротуаров. Качественная укладка крупноразмерных плит с гладкой лицевой поверхностью должна производиться с использованием профессиональных инструментов - вакуумных захватов. Только использование этого инструмента гарантирует надлежащий контакт плиты с подстилающим слоем при укладке в покрытие. Процесс выполнения работ по мощению приведен на рис. 42.

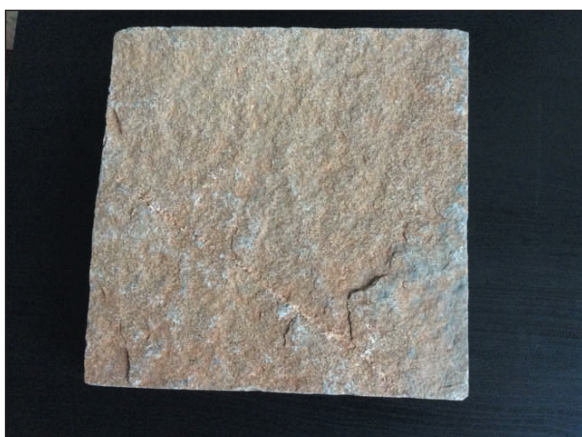


Рис. 41 Плиты из естественных каменных материалов

Плиты из естественных каменных материалов (например, песчаника) могут иметь шероховатую лицевую поверхность (см. рис. 41). Такая поверхность затрудняет последующую очистку поверхности от остатков шовных растворов, особенно водонепроницаемых. Для таких видов камня предпочтительно использовать водонепроницаемые растворы, например, PFL или PFF. **Обязательно следует сделать тестовые фрагменты покрытия!**



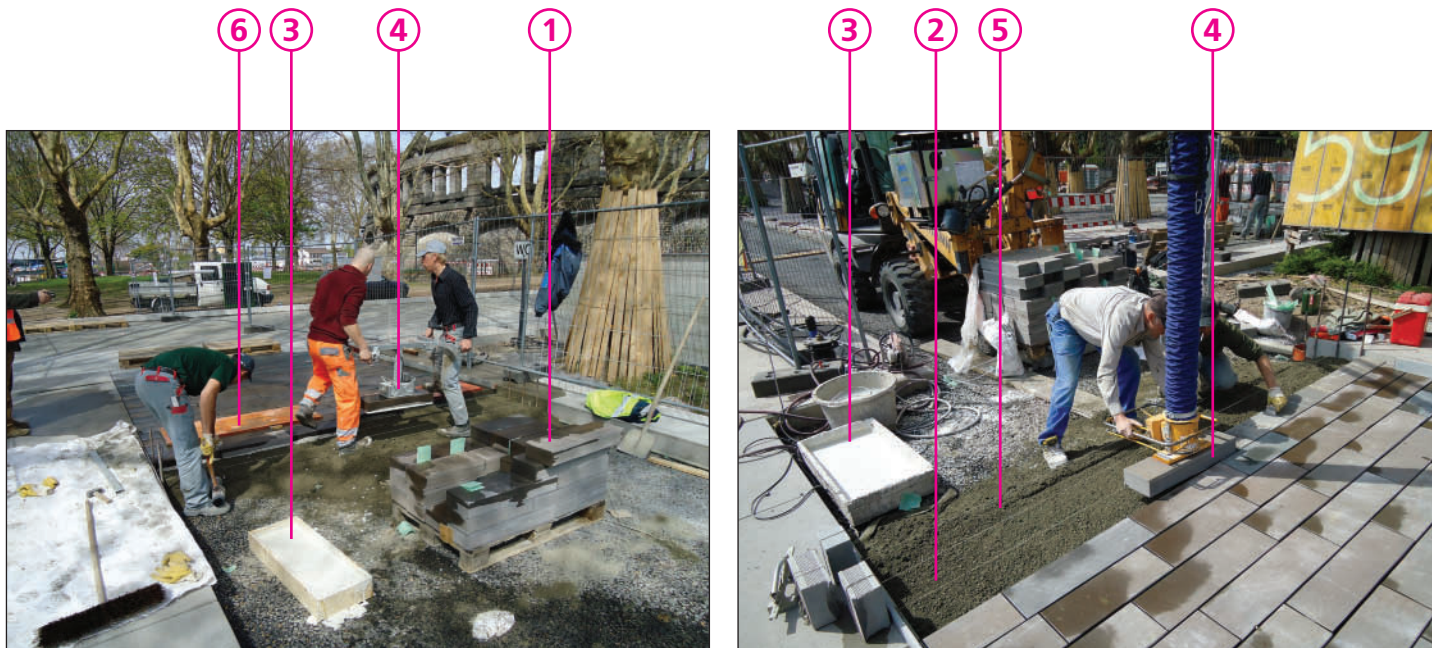


Рис. 42. Производство работ по мощению плитами с применением растворов "tubag"

1-плиты мощения; 2-подстилающий слой из дренажного раствора; 3 - адгезионный состав для улучшения сцепления между основанием плиты и подстилающим слоем; 4 - вакуумный захват для укладки плит; 5-направляющие шнуры; 6 - щиты для распределения нагрузки на покрытие от хождения рабочих в период твердения раствора подстилающего слоя.

## 5.5. Мощение "рваными" (необработанными) плитами из естественных каменных материалов

Необработанные плиты, в основном используются при благоустройстве территорий индивидуальных частных участков (см. также раздел 6).

Для мощения "рваными" камнями и плитами, как правило используются растворы NVL, которые служат для укладки и

одновременного заполнения швов или растворы для укладки плит с неровной тыльной стороной TNM-flex. Растворы наносятся на бетонное основание: NVL 300 слоем не менее 20 мм, TNM-flex - до 15 мм. Бетонное основание следует обработать грунтом UG (Рис. 43).



Рис. 43. ПМощение с применением растворов NVL.

## 5.6. Мощение бетонными камнями и плитами

Растворы на основе вяжущих редко используются при мощении бетонными вибропрессованными камнями. Это связано с соотношением стоимости этих материалов. Растворы на основе вяжущих имеют значительно большую стоимость, чем само покрытие. Однако, в последнее время используются бетонные камни и плиты с улучшенной (дополнительно обработанной) лицевой поверхностью, стоимость которых соотносима со стоимостью растворов. В любом случае, применение растворов на основе вяжущих должно обосновываться в проектах строительства с учетом индивидуальных особенностей объекта.

При применении растворов для заполнения швов в дорожном покрытии из камней и плит мощения следует учитывать, что их размеры адаптированы к швам шириной 3-4 мм. Для фиксации такой ширины швов на боковых поверхностях камней имеются



Рис. 44 Дорожное покрытие из искусственных камней мощения с использованием растворов на основе вяжущих: 1 - камни мощения; 2 - подстилающий слой из дренажного раствора; 3-заполнение швов из водопроницаемого раствора.

специальные выступы. Выступы позволяют вести укладку камней мощения и плит вплотную друг к другу с сохранением минимального шва. При заполнении швов растворами следует увеличить размер шва, как минимум до 5 мм и тщательно контролировать ровность швов в продольном и поперечном направлении. Пример выполнения мощения из искусственных

камней с применением растворов показан на рис. 45. Также могут быть использованы растворы для заполнения узких швов (раствор TNF-с для заполнения узких швов 2-7 мм), однако такой практики не имеется. Поэтому, следует обязательно выполнить пробное заполнение швов на демонстрационном участке.



а)



б)

**Рис. 45. Заполнение швов водопроницаемым раствором:**

а) раствор нанесен на поверхность мощения; б) готовый участок покрытия. Предложение по мощению вертолетных площадок на территории выставочного комплекса "Экспофорум", г. Санкт-Петербург.

## 5.7. Приемка работ по мощению. Эксплуатация

К мощению, выполненному с применением растворов на основе вяжущих при приемке предъявляются такие же требования как и к несвязанным покрытиям. Требования к дорожным покрытиям из камней и плит мощения изложены в РМД 32-18 -2012 [4] и в других нормативно-методических документах по мощению.

**Особенность приемки работ по мощению с использованием растворов на основе вяжущих – это качество заполнения швов и очистки поверхности от растворов. Относительно этих вопросов практически всегда существуют разногласия. В основном следует учитывать, что работы по мощению и заполнению швов выполняются вручную с обязательными допусками [18]. Эти допуски ввиду наличия допусков самих элементов мощения и увеличенных швов значительно выше, чем при отделочных работах во внутренних помещениях.**

Загрязнения на поверхности камней в виде тончайшей цементной пленки или пленки из эпоксидной смолы, как правило, не являются дефектом. Оба типа загрязнений устраняются при помощи специальных очищающих средств для удаления известкового и цементного налета, например, KSE. Перед использованием таких составов на всей площади мощения рекомендуется их пробное нанесение на тестовом участке.

**Покрытия с водопроницаемыми швами требуются периодически пылесосить и мыть водой под давлением для очистки пористой структуры швов от загрязнений.**



а)



б)

**Рис. 46. Очистка поверхности мощения составом KSE:**  
а) до очистки; б) после очистки.

Для покрытий с водонепроницаемыми швами, выполненных с использованием гидравлических вяжущих, при зимней уборке, следует избегать применения антигололедных реагентов. Антигололедные реагенты можно использовать только на покрытиях с заполнением швов из раствора марки PFN-light, имеющим высокую стойкость к замораживанию и оттаиванию вангиололедных реагентах.



## 6. ПРИМЕРЫ МОЩЕНИЯ

### 6.1. Памятники архитектуры, истории и культуры

При благоустройстве территорий памятников истории и культуры, как правило используются естественные каменные материалы, которые призваны подчеркнуть историческую принадлежность места. Большой опыт использования растворов на основе вяжущих на таких объектах накоплен в Санкт-Петербурге.

#### Мощение отмостки из булыжника при ремонте Большого двора Зимнего дворца

##### ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА

Большой двор Зимнего дворца используется для ожидания экскурсий в Государственный Эрмитаж (Рис.47). Дорожные покрытия выполнены из гранитных плит, пиленой гранитной брусчатки и булыжника. Все посетители проходят через двор, прежде, чем попасть во внутрь музея. Поэтому, очень важно обеспечить красивый внешний вид и надлежащее состояние всех покрытий.

##### ПРОБЛЕМА

Швы и подстилающий слой булыжного мощения отмостки и открытых водосборных лотков размывались водой, выливающейся на покрытие из водосточных труб. Прилегающее к водосточным трубам и водоприемным лоткам покрытие разрушалось. Эксплуатирующая служба музея пробовала выполнять закрепление камней цементно-песчаным раствором. Такой способ ремонта нарушал декоративный вид покрытия и не являлся долговечным. Состояние покрытий до проведения ремонтных работ (2013 г.) показано на фото.

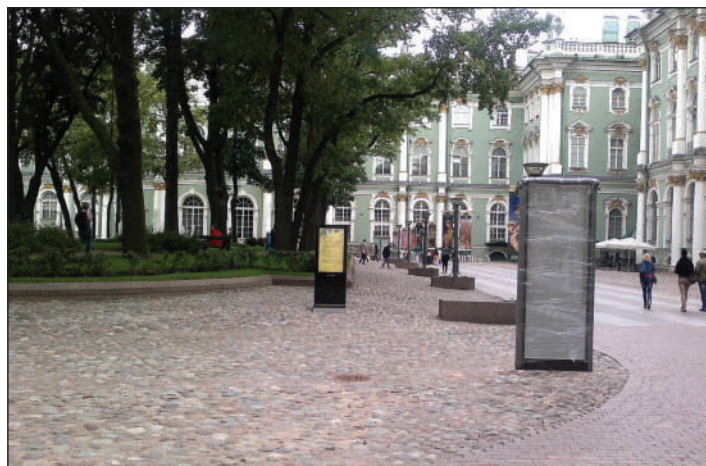


Рис. 47. Большой двор Зимнего дворца

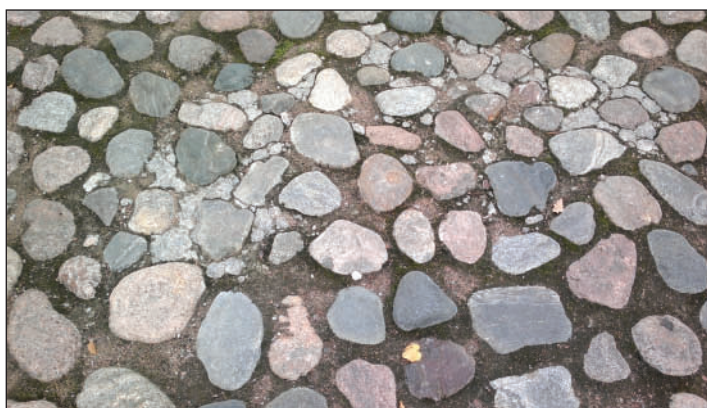
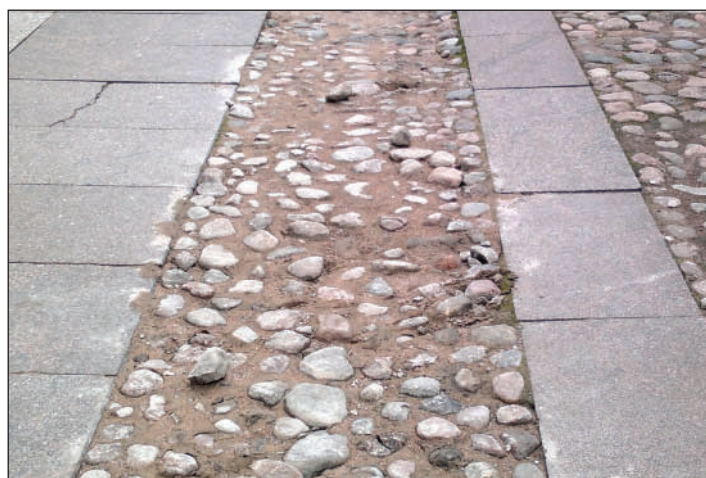


Рис. 48. Состояние дорожных покрытий Большого двора Зимнего дворца (лето 2013 г)





Рис. 49. Проект булыжного мощения отмостки Большого двора Зимнего дворца с применением растворов.

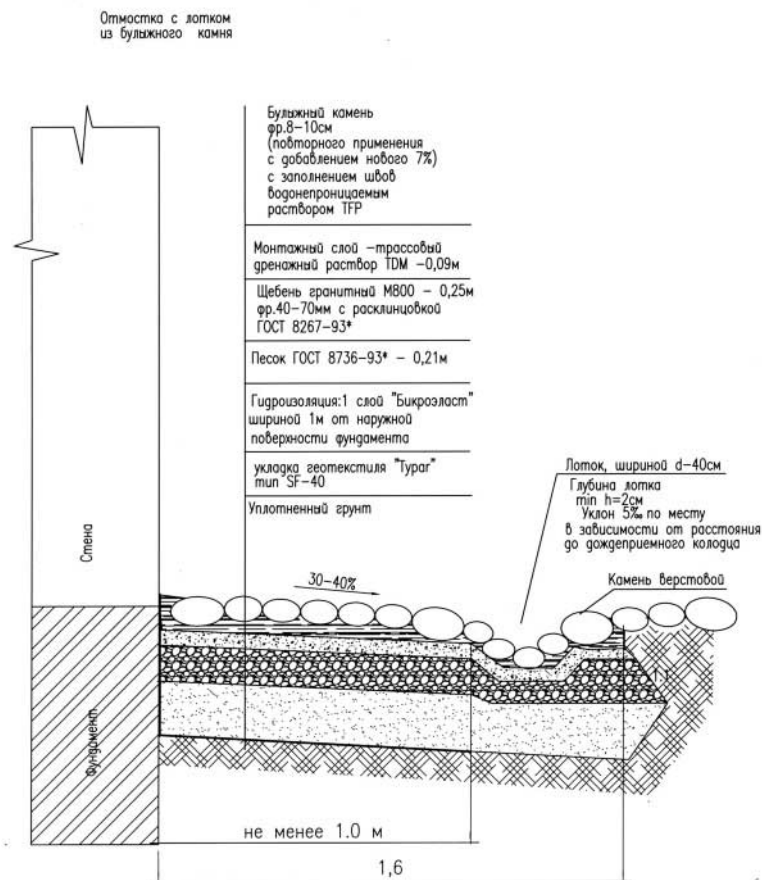


Рис. 50. Поперечный разрез отмостки с водосборным лотком

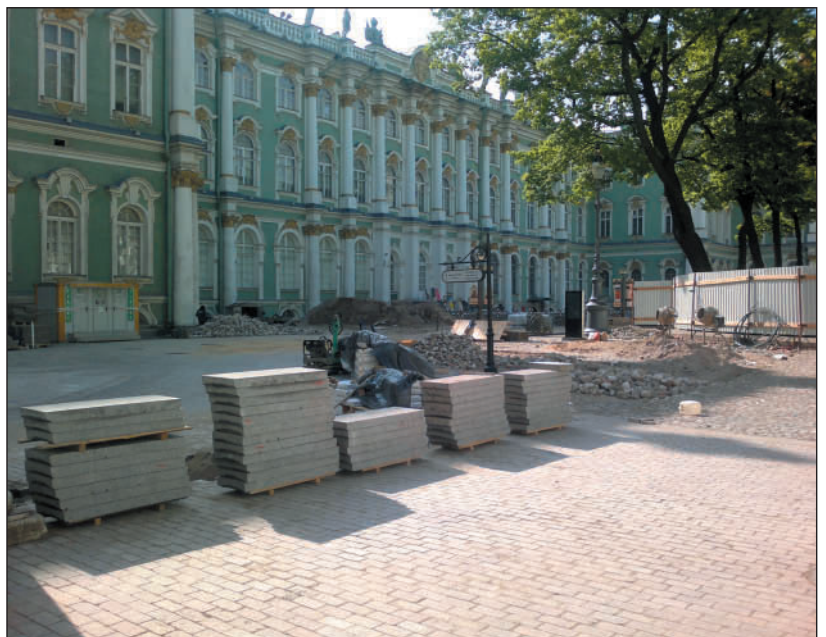
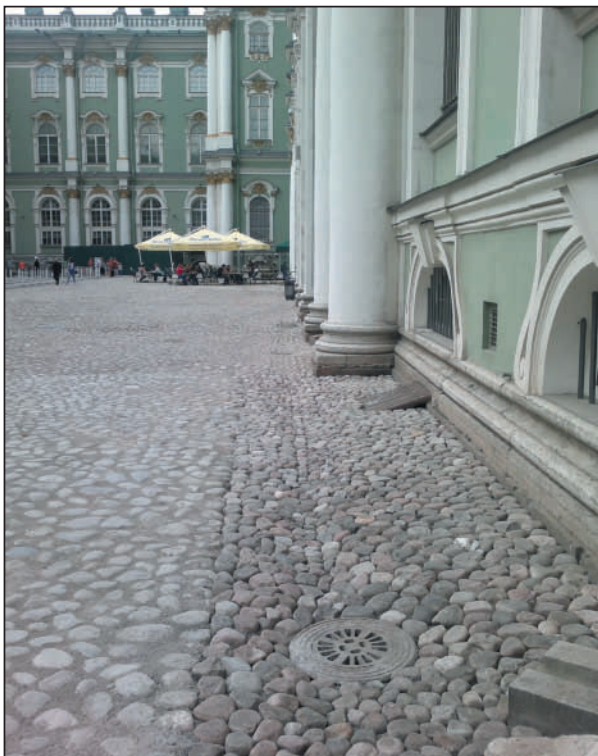


**РЕШЕНИЕ**

Проект капитального ремонта дорожных покрытий двора был разработан в 2013 году специализированной ландшафтной мастерской № 9 ОАО «ЛЕННИИПРОЕКТ» под руководством Карповой Татьяны Михайловны. Проект предусматривал применение растворов для устройства булыжного мощения отмостки и открытого водосборного лотка (рис. 49-50). По замыслу проектировщиков, растворы должны укрепить места мощения, наиболее подверженные размыву от ливневой воды, обеспечить водонепроницаемость отмостки и лотка, отвести поверхностную воду от здания. Поперечный разрез отмостки и лотка показан на рис. Для подстилающего слоя использовался трассовый дренажный раствор TDM. Хотя автомобильное движение по отмостке не предусматривалось, применение дренажного раствора в качестве подстилающего слоя обусловлено заполнением швов водонепроницаемым раствором на гидравлических вяжущих TFP. Использовать растворы на всей площади мощения не удалось из-за имеющихся в зоне двора подземных коммуникаций, перекладка и замена которых не предусматривалась.

**ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ**

В 2015 году работы по ремонту дорожных покрытий отмостки и лотка были выполнены (Рис. 51). Подрядчик ответственно подошел к мощению булыжником. Камни предварительно калибровались, как требуется по технологии булыжного мощения (РМД 32-18-2012). Булыжники подбирались друг к другу, чтобы образовывались треугольные зазоры. Такой подход позволил сократить объем шовных растворов, так как швы между камнями получались минимальными. Однако при использовании шовных растворов не везде была обеспечена их надлежащая смывка с поверхности. На покрытии образовался белый налет. Тем не менее, уже первое время эксплуатации показало, что мощение не размывается ливневыми стоками и поверхностная вода максимально собирается в водосборные элементы. Общая площадь мощения отмостки и открытого водосборного лотка с применением растворов на основе вяжущих tubag составила 700 кв. м.



**Рис. 51.** Производство работ и фрагменты готового покрытия. Белый налет на мощении свидетельствует о недостаточно хорошей смывке шовного раствора.



## Применение растворов tubag для ремонта и устройства булыжного мощения на территории Петропавловской крепости (остров Заячий, Санкт-Петербург)

### ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА

Петропавловская крепость — один из главных музейных комплексов Санкт-Петербурга — исторический, военно-инженерный и архитектурный памятник. Крепость-главная туристическая достопримечательность и любимое место отдыха горожан. На территории крепости проходят городские и международные праздники и фестивали.

В 2007 году в Петропавловской крепости (г. Санкт-Петербург, о. Заячий) были выполнены работы по реконструкции инженерных коммуникаций и благоустройству территории (рис. 52).



Рис. 52. Мощение булыжником. Процесс выполнения работ (2007 г.)



Рис. 53. Фрагмент участка дорожного покрытия на территории Петропавловской крепости



Рис. 54. Мощение булыжником. Процесс выполнения работ (2007 г.)



Рис. 55. Фрагмент участка дорожного покрытия на территории Петропавловской крепости



Рис. 56. Мощение булыжником. Процесс выполнения работ (2007 г.)

### ПРОБЛЕМА

В процессе эксплуатации мощеных покрытий материал заполнителя швов выветривается, вымывается и выносится с покрытия под действием пешеходного и автомобильного движения. Незаполненные швы способствуют потере устойчивого положения в покрытии отдельных камней и дальнейшему прогрессирующему разрушению целых участков покрытия. Разрушение покрытия особенно быстро происходит в местах элементов ливневой канализации и на участках, где есть интенсивное пешеходное движение и движение обслуживающего музей автотранспорта (рис. 54-56).

Эксплуатирующая служба выполняла ремонт дорожных покрытий с применением цементно-песчаного раствора. Однако, закрепленные таким способом камни достаточно быстро выпадают из покрытия ввиду того, что обычный песчано-цементный раствор не имеет достаточных сцепных свойств с поверхностью камня. Кроме этого, покрытие с цементными заплатками выглядит не эстетично (рис. 57).





Рис. 57. Закрепление булыжных камней с помощью цементно-песчаного раствора не является эффективным

**МОЩЕНИЕ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО УЧАСТКА (2013 г)**

Для ремонта дорожных покрытий эксплуатирующей службе музея специалистами компании «Квик-микс» было предложено применить растворы для мощения tubag. Демонстрационный участок булыжного мощения с водосборным лотком был выбран на площади перед Нарышкиным бастионом (рис. 58). Надо отметить, что с Нарышкина бастиона ежедневно в 12.00 производится выстрел сигнальной пушки. На площади собирается много туристов, иногда приезжают официальные делегации. Поэтому, очень важно обеспечить хороший внешний вид покрытия площади и удобство хождения по нему.

Работы по мощению демонстрационного участка с применением растворов на основе вяжущих tubag выполнялись летом 2013 года. Участок был разбит на две захватки. На первой захватке выполнялась укладка булыжника на дренажный раствор TDM, с последующим заполнением швов раствором PFM (двухкомпонентный водопроницаемый раствор для средних транспортных нагрузок, цвет – базальт), как это можно делать при новом строительстве. На второй захватке в существующем мощении только швы расширялись и заполнялись этим же раствором. По такой технологии возможно производить ремонт покрытия. Более подробно об особенностях мощения булыжником с применением растворов на основе вяжущих см раздел 5.2. Общая площадь мощения на захватках 1 и 2 – 10 кв. м.

**НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕМОНСТРАЦИОННЫМ УЧАСТКОМ**

В период с сентября 2013 года по март 2015 года специалистами компании “Квик-микс” и эксплуатирующей службой крепости осуществлялся мониторинг за состоянием покрытия. Во время эксплуатации по участку мощения осуществлялось пешеходное движение, движение обслуживающих территорию крепости

уборочных машин (трактор “Беларусь” с роторной щеткой, автовышки для ремонта фасадов и замены ламп освещения) и легкого автотранспорта (полной массой до 3,5 тонн) для обслуживания торговых точек.

Мощение выполненное с применением растворов на основе вяжущих продемонстрировало хорошие эксплуатационные показатели, особенно при уборке покрытия. При традиционном мощении материал швов выносится из покрытия рабочими органами машин (щетками, пылесосами, отвалами). При этом камни теряют устойчивое положение и выпадают из покрытия. На демонстрационном участке камни были надежно зафиксированы растворами (рис. 59).



Рис. 59. Зимняя уборка участка мощения, выполненного с применением растворов на основе вяжущих, не вызывает проблем с материалом заполнения швов, который при традиционном исполнении конструкции выносится из покрытия.

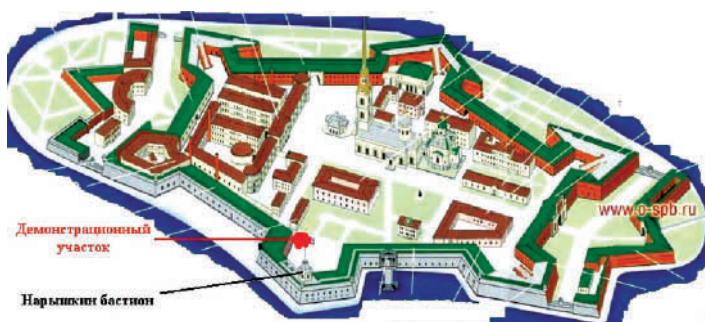


Рис. 58. Расположение и общий вид участка мощения для демонстрации растворов. На фото слева вдоль гранитных плит виден водосборный лоток



**ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ НА ОСНОВНЫХ ПЛОЩАДЯХ (2015 г).**

Положительный опыт эксплуатации демонстрационного участка (рис. 60) способствовал решению руководства музея использовать растворы при дальнейшем ремонте дорожных покрытий на территории крепости. Поэтому, в 2015 году были начаты работы по ремонту дорожных покрытий с применением растворов tubag. Для ремонта покрытий подрядчику были рекомендованы следующие растворы:

TFR – водонепроницаемый раствор для заполнения швов в мощении открытых водосборных лотков и отмосток от здания (цвет –антрацит). Водонепроницаемый раствор позволяет уменьшить просачивание воды в основание дорожной конструкции;

TDM – трассовый дренажный раствор для устройства подстилающего слоя при ремонте мощения;

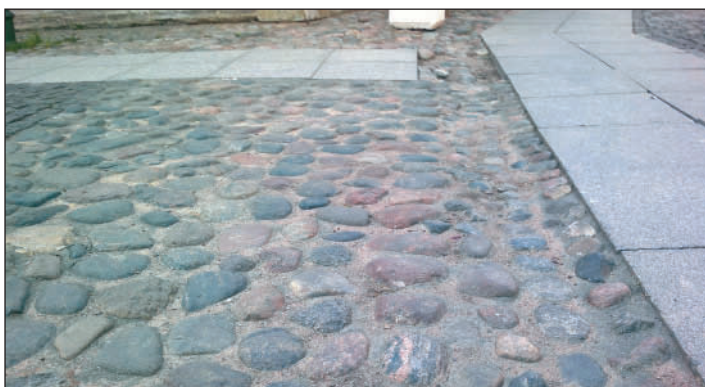
PFL – водопроницаемый раствор для заполнения швов на больших площадях (цвет-песочный). В существующем мощении из

булыжного мощения на Соборной площади были нарушены ровность и уклоны. Для предотвращения образования луж и дренирования воды были использованы водопроницаемые растворы для заполнения швов.

TNH-flex – адгезионный раствор для улучшения сцепления основания камней с подстилающим слоем.

Участки мощения, выполненные с применением растворов на основе вяжущих показаны на рис. 61. Общая площадь мощения с применением растворов на основе вяжущих tubag составила 1 000 кв. м.

При производстве работ, подрядчик несмотря на ряд организованных мастер-классов и техническую поддержку допустил ряд ошибок описанных в разделе 5 (работа в дождь, плохая смывка растворов, ненадлежащая расшивка швов и др.), которые в дальнейшем могут оказать негативное влияние на эксплуатационные показатели покрытия.



Весна 2014 г. Общий вид и фрагмент покрытия. С покрытия "ушел" характерный блеск от применения растворов на основе вяжущих из эпоксидных смол. Булыжные камни открытого водосборного лотка, которые не были закреплены растворами вывалились из покрытия (вверху фото).



Весна 2014 г. В одном месте возникли волосяные трещинки. Их появление связано с включением в покрытие булыжного камня значительно отличающегося по размерам от соседних. Наблюдения в последующий год показали, что трещины не развиваются.

Весна 2014 г. Трещины по примыканию к крупногабаритным гранитным плитам. Плиты плохо прилегают к основанию и расшатываются при проезде обслуживающего автотранспорта. Однако применение растворов позволило зафиксировать край плиты. Трещина больше не развивалась.

Рис. 60. Наблюдение за демонстрационным участком (2013-2015 гг.)





**Соборная площадь. Участок у Петропавловского собора.**



**Соборная площадь. Участок у Петропавловского собора.**



**Дорога в Петропавловскую крепость от Иоанновского моста (пешеходный мост от ст. м. "Горьковская"). Разрешено движение автотранспорта обслуживающего крепость и легковых автомобилей для подъезда находящемуся на территории крепости ресторану.**



**Дорога в Петропавловскую крепость от Иоанновского моста. Процесс выполнения работ. Левая часть фото - мощение с заполнением швов растворами, правая - с традиционным заполнением из песка.**



**Ремонт мощения, примыкающего к водосборному колодцу.**



**Ремонт мощения, находящегося в зоне интенсивного пешеходного движения (на "срезах" углов).**

**Рис. 61. Готовые участки мощения на территории Петропавловской крепости (2015 г).**



## 6.2. Территории жилой и общественной застройки

На территориях жилой и общественно деловой застройки, заказчиками могут предъявляться повышенные требования к качеству и эстетическому виду мощеных покрытий. В одних случаях это может быть связано с назначением покрытия (например, входные зоны в административные здания) и высокими эксплуатационными требованиями к нему (мойка, возможность пылесосить покрытие). В других – желанием подчеркнуть индивидуальность пространства. Растворы на основе вяжущих для устройства мощения позволяют удовлетворить индивидуальные предпочтения заказчиков.

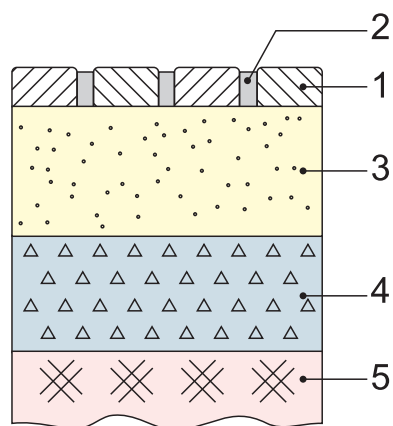
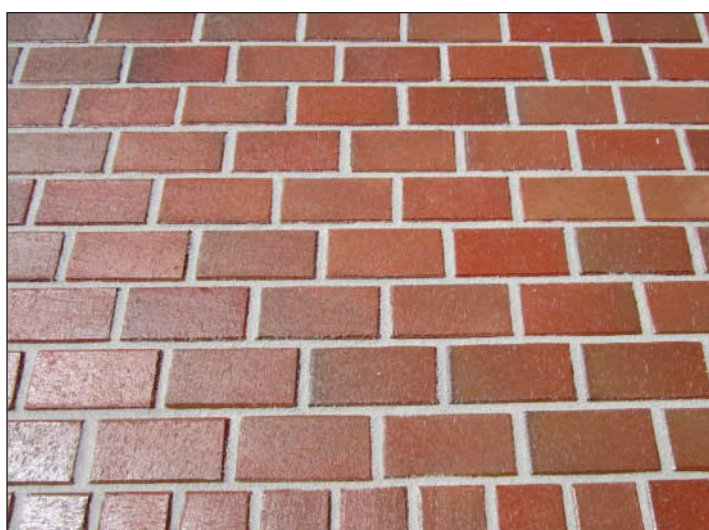
### Благоустройство территорий индивидуальных частных участков

В 2010 году была выполнена поставка растворов «tubag» для устройства мощения из клинкера на территории частной резиденции на Крестовском острове в Санкт-Петербурге.

В 2013 году произведен визуальный осмотр дорожного покрытия. При этом не обнаружено трещин в швах, неровностей покрытия и каких-либо дефектов, что говорит о правильном назначении конструкции и выборе материалов. Конструкция дорожной одежды представлена на рис. 62.

Другие примеры мощения клинкером с применением растворов на основе вяжущих показаны на рис. 63-66.

При благоустройстве индивидуальных частных участков часто используется необработанный натуральный камень, который укладывается на несущее бетонное основание с помощью раствора NVL (рис. 67)

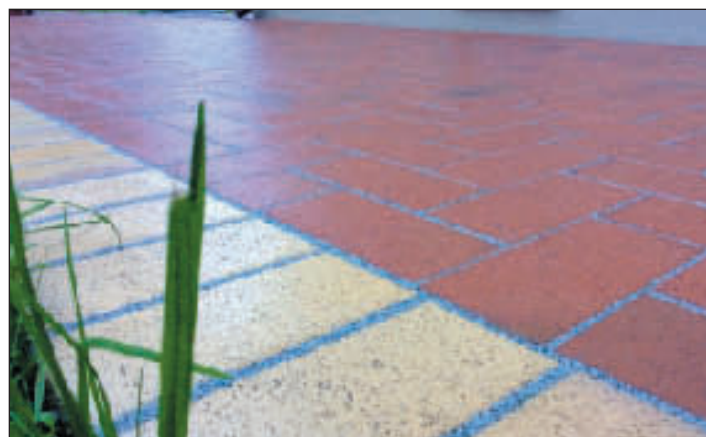


**Рис. 62. Дорожная одежда с покрытием из клинкерного кирпича с использованием растворов на основе вяжущих:**

- 1 – клинкер (толщина 45 мм); 2- заполнение швов водонепроницаемым раствором; 3 – подстилающий слой из дренажного раствора (толщина 150 мм); щебень фр.20-40 с расклинцовкой (толщина слоя 150 мм); 5- земляное полотно.



**Рис. 63. Частный дом. (Краснодарский край) Для заполнения швов использовался водонепроницаемый раствор PFL (цвет-базальт).**



**Рис. 64. Коттеджный поселок. (Московская обл.). Для заполнения швов использовался водонепроницаемый раствор PFF (цвет-базальт).**



**Рис. 65. Частный дом (Казань).** Для заполнения швов использовался водонепроницаемый раствор. Применение раствора для заполнения швов позволило надежно заполнить большие швы, которые возникли при мощении прямоугольным клинкером по кругу.



**Рис. 66. Коттеджный пос. (Московская обл.).** Использование раствора для заполнения швов контрастного (относительно мощения) цвета (цвет песчаный), позволяет подчеркнуть рисунок покрытия.



**Рис. 67. Использование растворов NVL для укладки природного камня с одновременным заполнением швов (фото предоставлено компанией "Моновай").**

## Мощение входных групп в административное здание табачной фабрики "Петро"

### ОСОБЕННОСТИ ОБЪЕКТА

В 2015 году администрацией табачной фабрики "Петро" был объявлен конкурс на работы по благоустройству входных зон в офисное здание. Конкурс включал в себя также разработку проектного решения мощения с использованием растворов tubag. Особенность проекта заключалась в следующем:

- вертикальные отметки по примыканию мощения к существующему асфальтобетонному покрытию были заданы;
- для мощения использовался клинкер толщиной 18 мм;
- по готовому покрытию допускалось кратковременное движение легковых автомобилей и микроавтобусов.

### РЕШЕНИЕ

Небольшая толщина клинкерной плитки (всего 18 мм) с учетом предполагаемых эксплуатационных нагрузок потребовала устройство жесткого бетонного несущего основания. Первоначально заказчик хотел приклеить плитку с помощью клея к бетонному основанию. Однако такой способ был бы нежелателен, по двум причинам:

- 1) На покрытие возможен заезд легкого автотранспорта, а клей не предназначен для восприятия подобных нагрузок;
- 2) Со временем в заполненных клеем швах могут образовываться микротрещины, через которые поверхностная вода будет попадать в основание - на границу бетонной плиты и клея. Расширяясь во

время отрицательных температур, проникающая вода может способствовать отрыву плиток от плиты.

Использование технологии мощения с растворами на основе вяжущих "tubag" позволило:

- гарантировать прочность покрытия при действии предполагаемых эксплуатационных нагрузок;
- обеспечить высокую эксплуатационные свойства покрытия (покрытие можно мыть, чистить, пылесосить без опасности нарушить материал заполнения швов).

План мощения представлен на рисунке 68. Деформационные швы были выполнены по примыканиям к существующим конструкциям.

### ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ

Реализованная дорожная конструкция представлена в табл. 12. Бетонное основание имеет наклон в сторону внутренних водосборных устройств, для отвода возможной проникающей воды из дренажного подстилающего слоя (см. раздел 4.1.). Общая площадь мощения около 200 м<sup>2</sup>. В процессе выполнения работ возникли трудности с очисткой клинкера от раствора для заполнения швов ввиду его верхней пористой структуры и обеспечением чистоты примыкающего асфальтового покрытия. Фрагмент покрытия в процессе выполнения работ и после заполнения швов показан на рис. 70.





## Въезды и выезды, узкие проезды

На въездах и выездах на внутридомовые территории, автомобильные стоянки, на примыканиях дорог друг к другу и на узких проездах (например, между местами для стоянки автомобилей) возникают особые нагрузки, от:

- движения транспорта по колеям (вследствие малой ширины проезжей части, оптически суженной проезжей части);
- медленного движения транспорта;
- от частых процессов торможения и разгона.

Невнимание к особенностям эксплуатации дорожного покрытия при проектировании и строительстве приводит к образованию колеиности и нарушению ровности (рис. 71.). Поэтому, дорожная конструкция на таких участках должна быть дополнительно усилена.

Одним из способов усиления является использование растворов на основе вяжущих для устройства несущих слоев и покрытия. В табл. 13-14 представлены различные варианты конструкций дорожных одежд. "Жесткая" конструкция с применением растворов на основе вяжущих имеет меньшую толщину (см. пример из раздела 4.2.).



Рис. 71. Колеиность на въездах во дворы.

**Таблица 13. Примеры дорожных конструкций для въездных зон на дворовые территории (для прямого и обратного движения легковых автомобилей до 250 ед/сутки)**

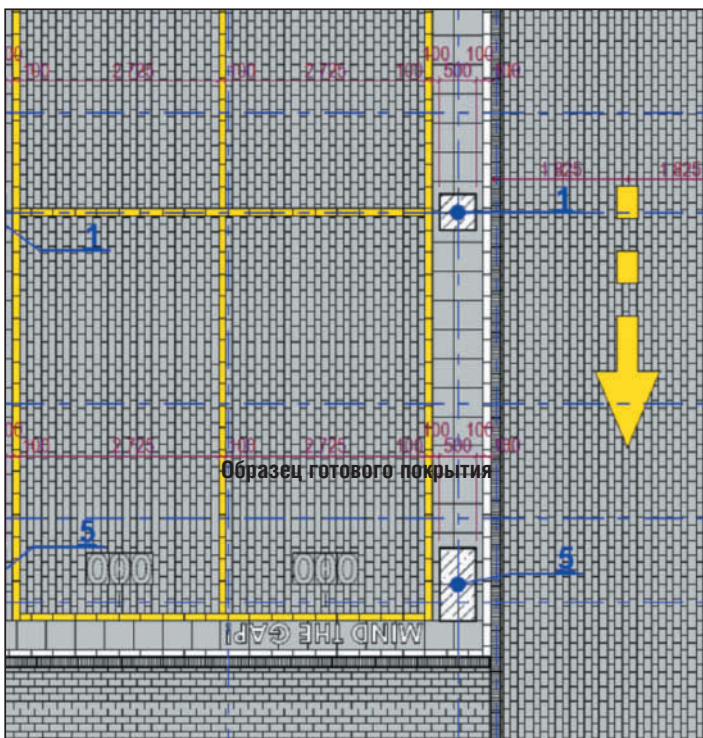
Тип	Конструктивный слой	Толщина, см
1 ("Нежесткая")	Клинкер с заполнением швов мелким песком (ГОСТ 8736-93)	5
	Подстилающий слой: песок, песок из отсевов дробления (ГОСТ 8736-93, ГОСТ 25607-2009)	3-5
	Щебеночно-гравийные песчаные смеси, обработанные вяжущими (ГОСТ 25607-2009)	30
	Песок средней крупности (ГОСТ 8736-93)	25
	Грунт: суглинок легкий	-
	Общая толщина	63-65
2 ("Жесткая")	Клинкер с заполнением швов растворами на основе вяжущих (например, tubag)	5
	Подстилающий слой из трассового дренажного раствора (например, TDM)	6
	Щебень гранитный фр.20-40 с расклинцовкой	15
	Песок средней крупности	20
	Общая толщина	46

**Таблица 14. Примеры дорожных конструкций для въездных зон на дворовые территории (для прямого и обратного движения грузовых автомобилей (полной массой 6 т) до 250 ед/сутки)**

Тип	Конструктивный слой	Толщина, см
1 ("Жесткая")	Клинкер с заполнением швов растворами на основе вяжущих (например, tubag)	5
	Подстилающий слой из трассового дренажного раствора (например, TDM)	10
	Щебень гранитный фр.20-40 с расклинцовкой	20
	Песок средней крупности (ГОСТ 8736-93)	26
	Общая толщина	61



## Паркинги



Элитный жилой комплекс "Дом на Бурденко" расположен в старинном московском районе Хамовники, в 100 м от сквера Девичьего поля. Квартал, где расположен клубный "Дом на Бурденко" признан одним из самых привлекательных в Москве.

Фасады "Дома на Бурденко" облицованы клинкерным кирпичом разных оттенков коричневой гаммы. В дизайнерской отделке входной группы и ресепшн-холла использованы те же стиливые решения и сочетания цветов. Клинкерный кирпич используется также и для устройства покрытий подземного паркинга. Мощение выполнялось с применением растворов на основе вяжущих (рис. 72).

Рис. 72. Общий вид и план мощения паркинга

## Эксплуатируемые кровли

Особенность эксплуатируемых кровель в том, что вся конструкция устраивается на жестком недеформируемом основании из монолитного железобетона. Таким образом, вся конструкция является жесткой. Для таких конструкций допустимыми являются все категории использования покрытий N1, N2 и N3. Толщина подстилающего слоя из дренажного раствора может быть минимальной: 40-60 мм. В зависимости от категории использования покрытия подбирается трассовый дренажный раствор для подстилающего слоя и раствор для заполнения швов. Обязательное условие - отвод воды из подстилающего слоя!

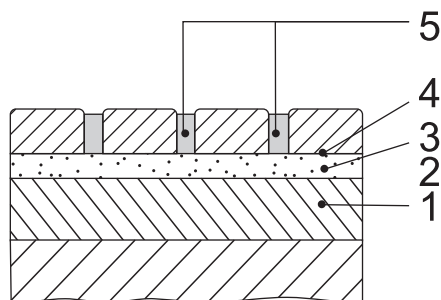
**Другой важный момент, который следует учесть при проектировании эксплуатируемых кровель - это то обстоятельство, что мощение с применением растворов на основе вяжущих является не ремонтпригодным. В случае необходимости вскрытия кровли (например, при ремонте гидроизоляции) мощение вскрывается с применением**

**перфораторов или отбойных молотков и утилизируется.**

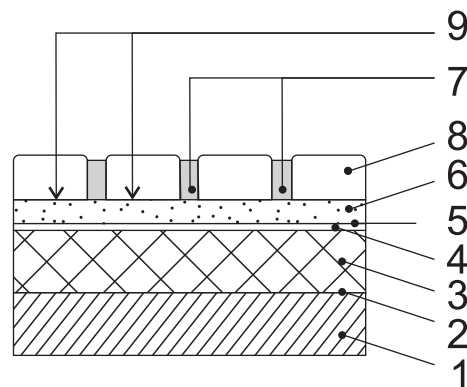
Применение растворов на основе вяжущих, а именно водонепроницаемых растворов для заполнения швов не может быть гарантией гидроизоляции кровли.

Для проектировщиков важен вес одного квадратного метра кровли. Вес определяется исходя из плотности трассового дренажного раствора TDM в затвердевшем состоянии 1800 кг/м. куб. Таким образом, 1 кв.м подстилающего слоя толщиной 4 см весит около 72 кг.

Другим важным вопросом является соответствие имеющимся фактическим высотным отметкам. Эти ограничения могут оказывать влияние на выбор тех или иных материалов для мощения и растворов для их фиксации. Ниже приведены конструкции эксплуатируемых кровель (рис. 73-74).



- 1 - существующая цементно-песчаная стяжка
- 2 - грунт UG (обработка стяжки)
- 3 - трассовый дренажный раствор TDM - 40 мм (для средней транспортной нагрузки)
- 4 - адгезивный состав TNH-Flex
- 5 - раствор для заполнения брусчатки PFN (водонепроницаемый, цвета: светло-серый, антрацит, бежевый, для легкой и средней транспортной нагрузки)



- 1 - монолитное ж/б перекрытие (220 мм)
- 2 - пароизоляция (2 мм)
- 3 - пенобетон (плотность 20 кг/м³) - от 300 до 460 мм с уклоном 1,5%
- 4 - наплавляемая гидроизоляция техноэлас ЭПП в 2 слоя - 6 мм
- 5 - геотекстиль
- 6 - трассовый дренажный раствор TDM - 40 мм
- 7 - раствор для заполнения швов PFN (водонепроницаемый, цвета: светло-серый, антрацит, бежевый, для легкой и средней транспортной нагрузки)
- 8 - тротуарная клинкерная брусчатка RAUF Design "Венеция" 200x100x50 мм
- 9 - адгезионный раствор для улучшения сцепления основания клинкера с подстилающим слоем TNH-Flex

**Ведомость расхода материалов на 1 кв. м**

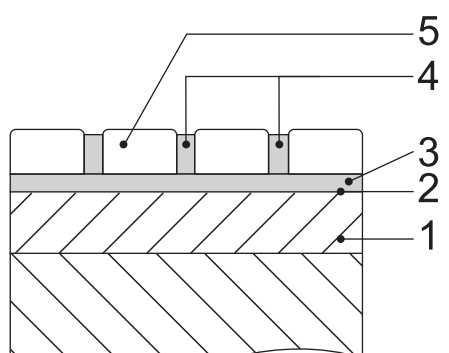
Наименование раствора	Расход, кг
грунт UG	0,15
трассовый дренажный раствор TDM	80
адгезивный состав TNH-Flex	1,5
раствор для заполнения брусчатки PFN	15

**Ведомость расхода материалов на 1 кв. м**

Наименование раствора	Расход, кг	Вес в готовом состоянии, кг
трассовый дренажный раствор TDM	69	72 кг
раствор для заполнения швов PFN (при ширине швов 5 мм)	9,4	10
адгезионный раствор TNH-Flex	2	-

**Рис. 73. Эксплуатируемая кровля с автомобильным движением**

(категория использования покрытия: N2 (средняя транспортная нагрузка – допустим заезд транспортных средств с полной массой до 3,5 тонн)).



- 1 - существующая цементно-песчаная стяжка
- 2 - грунт UG (обработка стяжки)
- 3 - клей TNH-Flex\*-Vario (максимальная толщина слоя 25 мм, цвет - серый)  
клей TNH-Flex\* (максимальная толщина слоя 15 мм, цвет - серый)
- 4 - трассовый раствор для заполнения узких (2-7 мм) швов TNF-S (водоудерживающий, цвет - серый)
- 5 - клинкерный кирпич (52 мм)

\*ПРИМЕЧАНИЕ: Выбор марки клея будет зависеть от ровности основания и требуемых уклонов

**Ведомость расхода материалов на 1 кв. м**

Наименование раствора	Расход, кг
грунт UG	0,15
клей TNH-Flex-Vario	17 кг (при средней толщине слоя 13 мм)
клей TNH-Flex	10,9 кг (при средней толщине слоя 8 мм)
Трассовый состав для швов TNF-S	3,8

**Рис. 74. Эксплуатируемая кровля с пешеходным движением**

(категория использования покрытия: N1 (только пешеходное движение)).



### 6.3. Площади

Городские площади могут служить для организации транспортного и пешеходного транзитного движения, для подхода к зданиям, непродолжительного отдыха людей и проведения массовых мероприятий. Очевидно, что реализация таких функций требует высоких эксплуатационных характеристик дорожного покрытия, такие как: удобство ходьбы и содержания (уборка, чистка). Поэтому, для устройства мощения на площадях могут быть рекомендованы растворы на основе вяжущих.

#### Улучшение эксплуатационных показателей дорожного покрытия из гранитной шашки Якорной площади города Кронштадта

##### ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА

Якорная площадь – центральная площадь в историческом центре города Кронштадта (Кронштадский район города Санкт-Петербурга). На площади находятся величественный Морской собор, Братская могила (Огонь славы), и памятник адмиралу С. О. Макарову. Площадь служит местом отдыха жителей и гостей города, на ней проводятся главные городские мероприятия и праздники. Через площадь проходят главные пешеходные маршруты из одной части города в другую (рис. 75).

##### ПРОБЛЕМА

В 2011 году было выполнено мощение площади гранитной шашкой с колотой поверхностью с включением в дорожное покрытие исторической брусчатки габбро и гранитными плитами (рис. 76). Выполненное мощение вызывало нарекания жителей и гостей города - по необработанной гранитной шашке неудобно ходить. Возникшая ситуация неоднократно обсуждалась на заседаниях Общественного совета при администрации города Кронштадта и в районных средствах массовой информации.

##### РЕШЕНИЕ

В 2011 году по инициативе Комитета по развитию транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга была сформирована экспертная комиссия с целью оценки проектных решений и качества выполненных работ по мощению. В состав комиссии вошли независимые эксперты по дорожному строительству из учебных учреждений Санкт-Петербурга, представитель от технического надзора заказчика – Дирекции транспортного строительства и представитель от исполнителя работ – компании «Балтстрой».

Для улучшения эксплуатационных характеристик дорожного покрытия в зоне наиболее интенсивного движения пешеходов комиссией было рекомендовано выполнить заполнение швов между камнями мощения современными растворами на основе трассово-цементных, полимерных вяжущих или вяжущих из синтетических смол. Ожидаемый эффект от применения растворов:



Рис. 75. Мощение северной части Якорной площади

- удобство ходьбы за счет тщательного заполнения швов и небольших неровностей лицевой поверхности камней;
- облегчение содержания: материал заполнителя швов - не выветривается и не вымывается, не засасывается при уборке уличными пылесосами.

##### ПРОГРАММА РАБОТ

Для ознакомления Общественного совета города, представителей Комитета по развитию транспортной инфраструктуры и подрядчика с растворами для мощения на основе вяжущих и эффекта от их применения компанией "Квик-микс" был выполнен демонстрационный участок площадью около 10 кв. м. Для заполнения швов специалистами компании «Квик-микс» были предложены растворы «PFM» из линейки продуктов tubag. Заполнение швов растворами без устройства дренажного подстилающего слоя стало возможным с учетом условий эксплуатации объекта - по площади осуществляется исключительно пешеходное движение, въезд автомобильного транспорта запрещен. На площадь возможен кратковременный заезд уборочных и специальных машин. Технология выполнения работ:

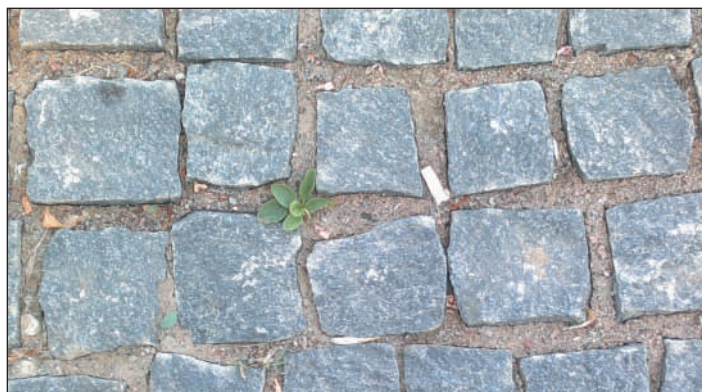


Рис. 76. Состояние мощения через два года после сдачи объекта (фото 2013 г)



**Рис. 77 (а). Состояние мощения на демонстрационном участке. Лето 2014 г.**

расшивка швов на глубину не менее 30 мм (удаление существующего материала заполнителя из швов), очистка поверхности мощения от загрязнений и пыли, распределение раствора для заполнения швов «PFM» (цвет: каменно-серый).

**МОНИТОРИНГ**

В период с 2013 по 2015 год за демонстрационным участком осуществлялось наблюдение (рис 77). Никаких дефектов (трещин, отслоения раствора и д.р.) на дорожном покрытии не появилось. На примыкающих участках с традиционным заполнением швов



**Рис. 77 (б). Швы с заполнением песком (традиционное исполнение, левая часть снимка) и растворами на основе вяжущих (правая часть снимка). Лето 2014 г.**

есть эрозия материала заполнителя (песка), в швах скапливается мусор и прорастает сорная трава.

Применение растворов для заполнения швов на всей площади не было реализовано в связи с тем, что ее ремонт завершился совсем недавно и должно пройти не менее 5-и лет для возможности выделения бюджетных средств на ее ремонт. Однако, Заказчик заинтересовался применением растворов для заполнения швов на других объектах городского строительства, работа по которым идет в настоящее время.

**Проектное решение мощения Триумфальной площади в Москве**

В 2014 году компания “Квик-микс” принимала участие в разработке проектного решения мощения Триумфальной площади в Москве. Площадь предполагалось использовать для пешеходного движения с возможностью прохода легкой уборочной техники. Основанием для устройства покрытия являлся монолитный железобетон.

**ПРОБЛЕМА**

Концепция проектного бюро предполагала устройство уникального покрытия с треугольными рисунками различных цветов из крупноразмерных гранитных плит размерами в плане 1260 x 949 мм и 634x949 мм (рис. 78-79). При таких больших размерах плит, используя в качестве подстилающего слоя традиционные материалы -песок или пескоцемент, было бы достаточно трудно обеспечить плотный контакт плит с основанием. При эксплуатации, это неизбежно привело бы к нарушению устойчивого положения отдельных плит и ровности всего покрытия (см. раздел 2.3), что особенно критично, учитывая рисунок мощения, образованный треугольными плитами с острым углом. Со временем, под действием эксплуатационных нагрузок можно было бы ожидать откалывание острых углов.

**РЕШЕНИЕ**

Для устройства мощения специалистами компании “Квик-микс” были предложены растворы tubag. Для устройства подстилающего слоя использовался трассовый дренажный раствор TDM толщиной



**Рис. 78. Проект благоустройства Триумфальной площади**

50 мм, для заполнения узких швов (по проекту ширина шва – 4 мм) раствор TNF-b (рис. 80).

К сожалению, проект уникального мощения с треугольным рисунком и применением растворов на основе вяжущих не был реализован. В процессе реализации проекта, рисунок мощения был упрощен. Для покрытия были использованы плиты размерами 250x250 мм, которые укладывались на пескоцементное основание.



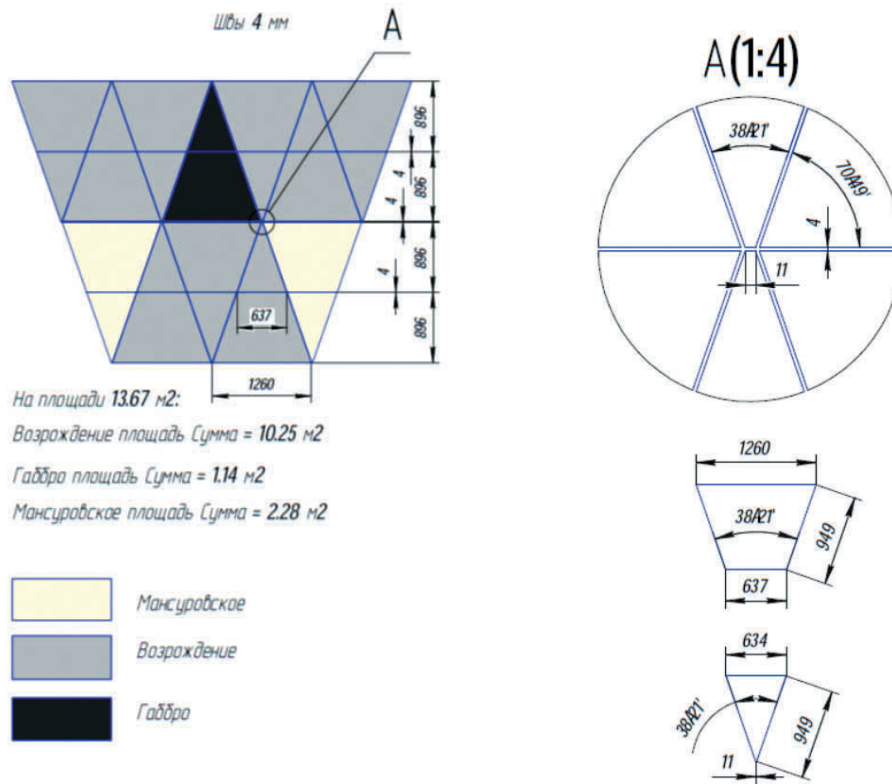


Рис. 79. Плиты для мощения Триумфальной площади (проектное решение).

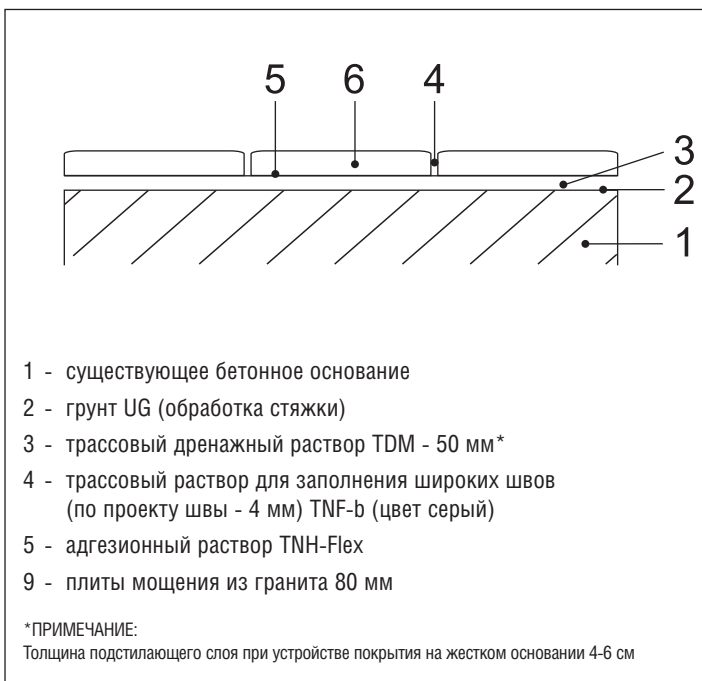


Рис. 80. Поперечный разрез дорожного покрытия с использованием растворов на основе вяжущих.

**Ведомость расхода материалов на 1 кв. м. покрытия.**

**Подстилающий слой**

Трассовый дренажный раствор TDM толщиной 50 мм (16 кг на 1 см слоя укладки). Расход при толщине слоя 5 см составит - 80 кг (2 меш по 40 кг).

**Заполнение швов**

Трассовый раствор для заполнения узких швов TNF-b (для швов шириной 3-15 мм; ширина швов по проекту - 4 мм). Расход на 1 м.кв. (из расчета примерно 125 г на 1 пог. м. шва при глубине 1 см). Расчет протяженности швов на площадь 1 м. кв. по чертежу раскладки плит - 3,1 м. пог. Расход раствора при толщине плит 8 см составит: 3,1x125x8= 3100 г = 3,1 кг.

**Фиксация основания плит с подстилающим слоем**

Адгезионный раствор TNH-flex - 2 кг.

## 6.4. Набережные

Береговые территории всегда были привлекательны для горожан. Как правило, ландшафтные архитекторы стремятся организовать вдоль набережных прогулочные пространства. Однако, в критических ситуациях, при воздействии воды (наводнение, брызги) дорожное покрытие может разрушаться. Использование растворов на основе вяжущих позволяет надежно зафиксировать элементы мощения и швы.

### Прогулочная набережная в городе Кобленц (Германия).

Город Кобленц, в 2011 году, стал местом проведения Федеральной садовой выставки. В рамках этого события была реконструирована прогулочная набережная. Доминирующим элементом оформления набережной стало новое мощение плитами из природного камня (рис. 81).

Прибрежные районы Кобленца регулярно подвергаются затоплению при разливе Рейна. Опыт эксплуатации существующих дорожных покрытий показал, что во время подъема и волнения воды в реке они размывались. Поэтому, основной задачей проектировщиков являлось обеспечение долговечности покрытия и художественно-архитектурных требований. Решение было найдено в применении при устройстве мощения растворов на основе вяжущих марки "tubag".

На несущий щебеночный и морозозащитный слой был уложен дренажный бетон толщиной 15 см. Далее, устраивался дренажный подстилающий слой толщиной 5 см. Для повышения сцепления плит с подстилающим слоем использовался раствор-шлам. Завершающей операцией стало заполнение швов водонепроницаемым раствором.

Деформационные швы выполнялись в местах примыкания мощения к обрамлению или конструктивным элементам зданий. Если же в каком-либо месте покрытия, в швах, все-таки будут образовываться трещины, то они могут быть заполнены эластичным материалом. Преимуществом такого решения является то, что эластичные зоны расположены точно в местах с максимально высокими напряжениями.



Рис. 81. Процесс выполнения работ и участок готового покрытия

### Набережная Рейнауафен в Кельне (Германия)

В современных проектах благоустройства территорий мощение часто комбинируется с другими видами дорожных покрытий: железобетонными плитами, асфальтобетоном, цементобетоном. При этом важно обеспечить одинаковые эксплуатационные показатели участков покрытия, выполненных из различных материалов. Для решения такой задачи применение растворов на основе вяжущих для закрепления плит и камней мощения является наиболее эффективным. Например, растворы tubag использовались при реконструкции старой набережной Рейнауафен в Кельне. Сложности в ее проектировании и строительстве заключались в следующем:

- 1) Покрытие набережной находится в зоне возможного затопления при наводнении, поэтому было важно обеспечить долговечность дорожного покрытия в таких условиях.
- 2) По отдельным участкам дорожного покрытия предусматривалось движение грузовых автомобилей общим весом до 60 т и автобусов.
- 3) В новом покрытии набережной сочетаются крупногабаритные бетонные плиты (с длиной стороны до 2,60 м) и мелкоштучная

историческая брусчатка из природного камня.

Следует пояснить, что размер элементов сборного покрытия влияет на распределение внешней нагрузки от транспортных средств на нижележащие слои основания дорожной одежды [5,11]. Покрытие из крупногабаритных плит и мелкоштучных камней под одинаковой нагрузкой имеет различный прогиб. В связи с этим в нижележащих слоях основания возникают неравномерные внутренние напряжения. Применение растворов на основе вяжущих в конструкции покрытия позволяет нивелировать внутренние напряжения и обеспечить надежное долговечное покрытие на всей площади, даже в ситуации затопления. Особое внимание на этом объекте инженерами было уделено оптимальному соотношению между модулем упругости раствора для заполнения швов и модулем упругости покрытия на участках с различной нагрузкой от транспортных средств. В зависимости от назначения и вида покрытия применялись различные материалы для заполнения швов.





Рис. 82. Набережная Рейнауафен в Кельне после реконструкции.

В результате выполненных расчетов, конструкция дорожной одежды набережной была принята следующей:

- заполнение швов между камнями и плитами (растворы PFH, PFN), а также растворы со специально разработанной рецептурой;
- раствор-шлам для повышения адгезии TNH-rapid;
- подстилающий слой (TPM-D4);

- несущий слой из бетона с дренажными свойствами;
- несущий слой без использования вяжущих.

Работы по устройству покрытия набережной были завершены в 2013 году.

Вид набережной после реконструкции показан на рис. 82.

### Предложение по применению растворов tubag при устройстве мощения при обустройстве набережной реки Ушайки (г. Томск)

#### ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА

Проектируемая набережная находится в историческом центре города. Сооружение запроектировано в виде многоярусного берегового склона, на откосе которого предусмотрены прогулочные террасы, видовые площадки и лестничныеходы. Реализация проекта намечена на 2016-2017 годы.

#### ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ № 1.

##### Устройство дорожного покрытия на несущее бетонное основание

Для устройства дорожных покрытий из камней мощения предлагается использовать растворы на основе вяжущих tubag. Это особенно важно для данного проекта, так как:

- в проектном решении комбинируются различные по высоте (толщине) материалы для устройства покрытия (камни и плиты высотой от 40 до 100 мм); устройство подстилающего слоя из растворов позволяет обеспечить одинаковые эксплуатационные показатели всего покрытия и сделать работы по мощению более технологичными;

- дорожное покрытие из камней и плит мощения устраивается на бетонное основание. В случае заполнения швов песком и устройства подстилающего слоя из песка, с течением времени возможен вынос песка через трещины в плите основания;

- тонкие гранитные плиты (толщиной 40 и 60 мм) при больших размерах в плане при устройстве подстилающего слоя из песка будут трескаться и покрытие будет деформироваться даже от пешеходной нагрузки (приложенная на один край плиты нагрузка способствует подъему противоположного края и дополнительному подосу ливневой воды)

Для заполнения швов предлагается использовать водонепроницаемые растворы на основе вяжущих, которые будут способствовать:

- улучшению санитарно-гигиенических показателей покрытия (швы надежно заполнены раствором, в них не скапливается грязь; в сухую погоду не образуется пыль);
- повышению удобства ходьбы по покрытию (швы полностью заполнены растворами);
- применению современных способов уборки и содержания (покрытие можно мыть, пылесосить без ущерба для заполнения швов);
- повышение эстетического показателя мощения, как составляющей части качественного уличного дизайна.

Разработанные дорожные конструкции с устройством дорожного покрытия из плит и камней мощения на бетонное основание представлены в табл. 15-16.

**Таблица 15. Дорожная конструкция с применением растворов на основе вяжущих (Тип 1, 2 - с покрытием из плит)**

Наименование конструктивного слоя	Толщина, мм	Расход растворов на 1 кв. м.
Элементы мощения(плиты гранитные пиленые: 500x500x60 мм, 500x960x60 мм; 500x400x60 мм) с заполнением швов раствором на основе вяжущих для узких швов 2-7 мм TNF-s	60	~1,2 кг
Адгезионный раствордля улучшения сцепления основания плит и подстилающего слоя TNH-flex	-	2 кг
Подстилающий слой из дренажного раствора TDM	40	64 кг
Грунт по бетону UG		0,15 кг
Бетон В200, армирующий каркас d=10 мм, с шагом 150 x150 мм	200	
Щебень М1000-1200 фр. 40-70 мм	200	
дорнит	-	
Песок среднезернистый	300	
Общая толщина	800	

**Таблица 16. Дорожная конструкция с применением растворов на основе вяжущих (Тип 3, 4 - с покрытием из гранитной шашки)**

Наименование конструктивного слоя	Толщина, мм	Расход растворов на 1 кв. м.
Элементы мощения(колотая гранитная брусчатка 100x100x100 мм) с заполнение швов раствором на основе вяжущихPFN(возможные цвета - светло-серый, антрацит, бежевый).	100	12,5 кг/м. кв.
Адгезионный раствордля улучшения сцепления основания плит и подстилающего слоя TNH-flex		3 кг
Подстилающий слой из дренажного раствора TDM	40	64 кг
Грунт по бетону UG		0,15 кг
Бетон В200, армирующий каркас d=10 мм, с шагом 150 x150 мм	200	
Щебень М1000-1200 фр. 40-70 мм	200	
дорнит	-	
Песок среднезернистый	300	
Общая толщина	840	

**ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ № 2.**

**Дорожная одежда с несущим слоем из дренажного раствора.**

В приведенных выше конструкциях (Тип 1-4), в качестве несущего слоя выступает бетонная монолитная плита толщиной 200 мм с армированием сеткой. При этом поверхность плиты должна быть выполнена с уклоном для обеспечения отвода воды, проникающей через швы покрытия. Устройство такой плиты требует целый ряд дополнительных мероприятий (установка опалубки, арматурные работы, виброуплотнение бетона, уход за ним в процессе твердения).

Для повышения технологичности строительства и уменьшения его стоимости во втором проектном решении предлагается заменить бетонную плиту на несущий слой из дренажного раствора TDM толщиной 100 мм. Такая замена возможна согласно немецким рекомендациям, которые предусматривают устройство подстилающего слоя толщиной 100 мм на щебеночное основание при нагрузках на дорожное покрытие транспортных средств с полной массой до 3,5 тонн с не интенсивным движением. При этом возможно:

1) сохранить общую толщину дорожной одежды в принятых проектных отметках путем увеличения толщины щебеночного или песчаного слоя;

2) уменьшить общую толщину дорожной одежды на 100 мм, сократив объем земляных работ (выемку и вывоз грунта).

Замена бетонного основания 200 мм на слой основания из дренажного раствора может быть обоснована расчетом.

**Таблица 17. Пример дорожной конструкции с применением растворов на основе вяжущих с несущим основанием из дренажного раствора Тип 1-4**

Наименование конструктивного слоя	Толщина, мм
Элементы мощения	60-100
Адгезионный раствордля улучшения сцепления основания плит и подстилающего слоя TNH-flex	-
Подстилающий слой из дренажного раствора TDM	100
Щебень М1000-1200 фр. 40-70 мм	200
дорнит	-
Песок среднезернистый	300
Общая толщина	640 - 700



## 6.5. ГОРОДСКИЕ УЛИЦЫ И ДОРОГИ

Основная цель применения растворов на основе вяжущих на городских улицах и дорогах – повышение эксплуатационных показателей мощения, что особенно важно при динамических нагрузках на дорожное покрытие от автомобильного транспорта и воздействии уборочной техники.

### Проектное решение по мощению булыжником Шлиссельбургского шоссе (Санкт-Петербург)

#### ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА

Шлиссельбургское шоссе проходит вдоль Невы и является объектом культурного наследия. Во времена Петра I дорога именовалась Архангелогородским трактом. Шоссе представляло собой булыжную мостовую, небольшой фрагмент которой сохранился до наших дней. Восстановление булыжного мощения на всем протяжении шоссе - одно из условий, предъявляемое к проекту реконструкции Комитетом по государственному контролю, использованию и охране памятников Санкт-Петербурга.

#### ПРОБЛЕМА

По шоссе предполагается автомобильное движение, поэтому при проектировании встал вопрос о правильном выполнении булыжного мощения, обеспечивающим требуемые эксплуатационные показатели. Общая площадь дорожного покрытия составляет около 20 000 кв. м.

Проект реконструкции Шлиссельбургского шоссе разработан научно-исследовательским и проектно-изыскательским институтом "Севзапінжтехнологія".

В первоначальном варианте предполагалось, что булыжное мощение устраивается на подстилающий слой из песка толщиной 8 см, укрепленным цементом. В качестве несущего слоя используется основание из "тощего" цементобетона. Общая толщина дорожной одежды по предварительным расчетам составила 136 см. Такая конструкция покрытия имела ряд недостатков.

На практике толщина подстилающего слоя будет варьироваться в пределах в пределах 4-12 см, что связано с различной высотой булыжного камня. В старой литературе по мощению [2] пределы в размерах по высоте для булыжных камней устанавливаются до 3-4 см.

При эксплуатации, под действием нагрузок, участки мощения с большей толщиной подстилающего слоя имели бы большую деформацию. Таким образом, отдельные крупные камни, установленные в покрытие с минимальным подстилающим слоем стали бы возвышаться над уровнем покрытия, что в свою очередь способствовало их расшатыванию и выпадению под действием движущегося автотранспорта. Таким образом, с течением времени, поверхность мощения имела бы местные деформации и неравномерную осадку отдельных камней, что привело бы к значительному ухудшению ровности, нарушению поперечных и продольных уклонов. Дополнительным негативным фактором при эксплуатации являлось бы вымывание песка из подстилающего слоя атмосферными осадками, проникающих через значительные швы между булыжными

камнями.

Имеющийся опыт устройства булыжного мощения при реконструкции инженерных сетей и благоустройстве территории Петропавловской крепости в 2007 году, показал, что уже через 7 лет покрытие нуждается в ремонте [3]. Следует обратить внимание, что на территории крепости осуществляется преимущественно пешеходное движение. Но даже при таких условиях эксплуатации, булыжное мощение разрушается - швы и подстилающий слой вымываются атмосферными осадками, булыжники выпадают из покрытия.

Кроме того, при выборе проектного решения были опасения, что при существующей квалификации дорожных рабочих (мостовщиков) и организации работ, невозможно ожидать высокого качества мощения, способного выдержать высокие динамические нагрузки от автотранспорта.

Правила булыжного мощения оговариваются в РМД 32-18-2013 "Рекомендации по применению мощения при устройстве покрытий территорий жилой и общественно-деловой застройки"[1]. Согласно рекомендациям, требуется тщательная калибровка булыжника непосредственно перед мощением и обеспечение между камнями треугольных зазоров при их укладке в покрытие. Следует заметить, что эти правила, были разработаны еще в 1900-х годах, когда скорость и состав движения по покрытию были иными, чем в современных условиях.

Все эти обстоятельства заставили проектную группу искать решение по устройству мощения, обеспечивающие эксплуатационные свойства, предъявляемые к автомобильной дороге. По технической классификации (ГОСТ Р 52398-2005) проектируемая дорога относилась к четвертой категории.а

Поэтому, для устройства булыжного мощения было предложено использовать растворы на основе вяжущих tubag. Применение растворов на основе вяжущих при устройстве мощения в данном проекте позволило обеспечить высокие транспортные нагрузки на покрытие.

Особенности расчета конструкции дорожной одежды для данного проекта приведены в разделе 4.3 настоящего пособия. По результатам вычислений была принята конструкция, представленная в табл. 18 (рис.. 83).

Проект прошел все необходимые экспертизы и его реализация намечена на ближайшие годы.

**Таблица 18. Конструкция дорожной одежды с булыжным мощением с применением растворов на основе вяжущих**

Наименование конструктивного слоя	Толщина, мм
Булыжное мощение с заполнением швов смводопроницаемым раствором PFM (основание камней обрабатывается адгезионным раствором для повышения сцепления с подстилающим слоем TNH-raid).	14
Подстилающий слой из дренажного бетона TDM.	9 см
Несущий слой из дренажного бетона TDM	11 см
Щебень фр. 40-80 мм с заклиной мелким щебнем	28 см
Геотекстиль	-
Песок средней крупности	65 см
Геотекстиль	-
Общая толщина дорожной одежды	127 см

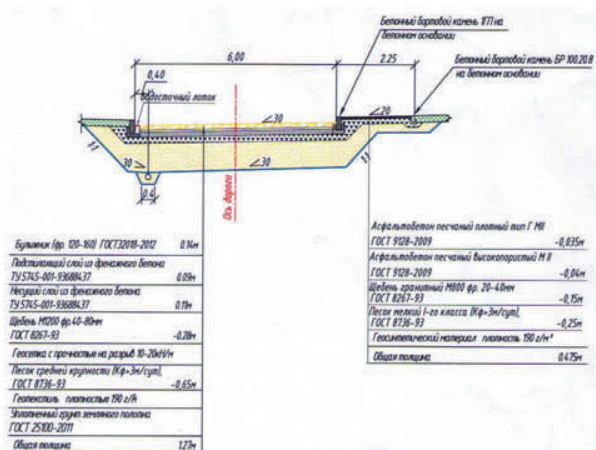


Рис. 83. Поперечный разрез дорожной конструкции

## 7. Экономическое обоснование

Рассмотрим различные варианты экономического обоснования применения растворов на основе вяжущих при устройстве мощения

### 1. Оценка экономической эффективности по годовому размеру дорожных расходов.

Для наглядной оценки экономической эффективности будем использовать такой показатель, как годовой размер дорожных расходов  $D$  [16].

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

$$D = [A + B + (A - O)r] / I \quad (1)$$

где

- A** - стоимость первоначального устройства дорожного покрытия (руб./ м<sup>2</sup>) ;
- B** - средняя годовая стоимость ремонта и содержания (руб./ м<sup>2</sup>) ;
- O** - остаточная стоимость дорожного покрытия по окончании срока его службы (руб./ м<sup>2</sup>) ;
- I** - площадь дороги (м<sup>2</sup>) ;

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

$$r = 1/n$$

где  $n$  - число лет службы.

Под сроком службы дорожного покрытия будем понимать календарную продолжительность эксплуатации дорожного покрытия от момента сдачи покрытия в эксплуатацию до первого ремонта.

Срок службы дорожных покрытий из плит/камней мощения зависит от используемых материалов, эксплуатационных нагрузок, качества строительства, условий содержания и ремонта. Для несвязанных конструкций, при ремонте производится перемещение отдельных участков мостовых с частичной заменой песчаного основания. При капитальном ремонте осуществляется перемещение отдельных участков мостовых с полной заменой песчаного основания.

Оценку экономической эффективности для мощения из гранитной колотой шашки выполним для двух конструкций: **конструкция 1** - с применением песка (несвязанная), **конструкция 2** - с применением растворов на основе вяжущих (связанная). Схематично конструкции представлены на рис. 84.

Калькуляция расчета стоимости первоначального устройства покрытия для конструкций 1 и 2 приведена в табл. 18.

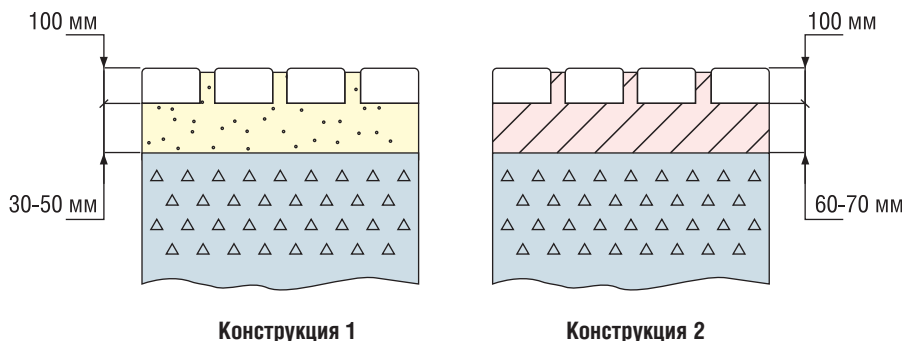


Табл. 18. Стоимость первоначального устройства дорожного покрытия

Материал, работы	Стоимость первоначального устройства дорожного покрытия, руб./м <sup>2</sup> (на 2013 г)	
	Конструкция 1	Конструкция 2
Гранитная шашка колотая 100 x100x100 мм	1200	1200
Песок для устройства подстилающего слоя (3 -5 см) и заполнения швов	200	-
Растворы на основе вяжущих для устройства подстилающего слоя (6-7 см) и заполнения швов	-	2 000
Работа по устройству покрытия	1500	1500
<b>Всего:</b>	<b>2900</b>	<b>4700</b>



**Срок ремонта** для несвязанной конструкции 1 примем ориентируясь на данные из работы [11] - 8 лет. Для этой конструкции также рассмотрим дорожные расходы на момент окончания гарантийного срока, который для дорожных работ составляет в настоящее время 5 лет.

Связанная конструкция 2 рассчитана на большую долговечность. Примем этот срок равным сроку капитального ремонта несвязанных покрытий из гранитной шашки, который установлен в работе [11] - 16 лет

**Средняя годовая стоимость** ремонта и содержания может варьироваться в зависимости от конструкции и эксплуатации покрытия в диапазоне от 2 до 20 % [9] от стоимости первоначального устройства.

Для несвязанных покрытий содержание связано с постоянным уходом за швами (подсыпка песка в швы, очистка от грязи и сорняков) и восстановлением разрушенных (деформированных) участков. Проверка состояния таких покрытий должна выполняться как минимум два раза в год, чтобы не допустить развитие разрушений [4, 16].

Связанные покрытия нуждаются в меньшем уходе. Упрощается их содержание, так как очистка может производиться с применением воды под высоким давлением, без опасности разрыва швов и подстилающего слоя. Это позволяет применять механизированную, более производительную очистку покрытия.

Примем для конструкции 1 среднюю годовую стоимость ремонта и содержания - 290 руб./м. кв. (10% от стоимости первоначального устройства), для конструкции 2 - 117 руб./ м. кв. (2.5 % от стоимости первоначального устройства).

Результаты расчета дорожных расходов приведены в табл. 19.

**По результатам расчета построен график (рис. 85) из которого видно, что дорожные расходы для связанной конструкции покрытия мало увеличиваются с течением времени.** Для несвязанных покрытий, наоборот, с момента постройки, происходит их резкое увеличение. Можно прогнозировать, что при достижении некоторого времени, дорожные расходы для двух конструкций будут одинаковыми.

**Таким образом, связанные покрытия, несмотря на первоначальную стоимость их устройства выше, чем несвязанных, в долгосрочной перспективе оправдывают себя. При этом они имеют лучший эстетический вид и лучшую комфортность для ходьбы.**

Обратим внимание, что в рассматриваемой методике расчета дорожных расходов все значения параметров могут изменяться и задаваться в зависимости от договорных условий строительства и эксплуатации, текущих цен на строительные материалы, местных условий строительства и других факторов.

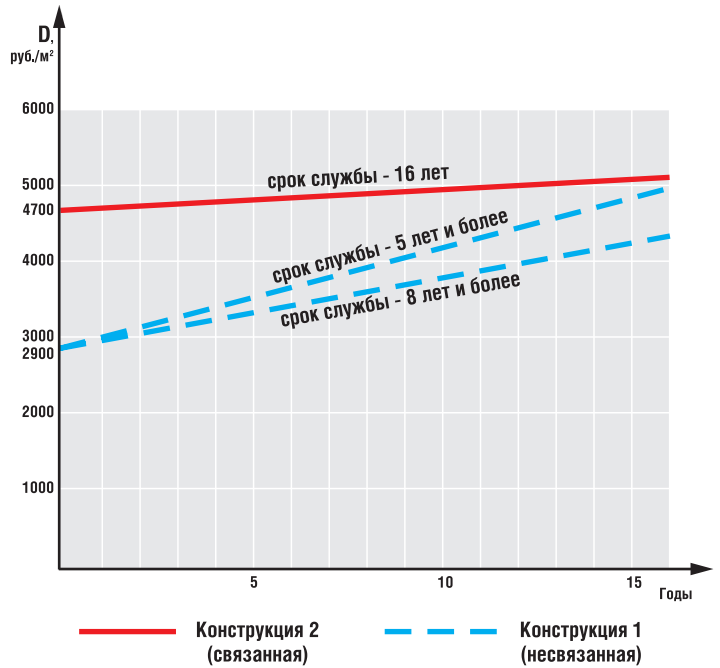


Рис. 85. Дорожные расходы

Табл. 19. Дорожные расходы D в расчете на 1 м²

Варианты дорожных покрытий	A, (руб./ м²)	B, (руб./ м²)	O, (руб./ м²)	A-O, (руб./ м²)	n, лет	r	(A-O)*r, (руб./ м²)	D, руб
Конструкция 1 (с вяжущими)	4700	117	0	4700	16	0,06	282	5099
Конструкция 2 (без вяжущих)	2900	290	800	2100	5	0,20	420	3610
					8	0,13	273	3463

**2. Оценка годовых затрат на строительство и эксплуатацию покрытий**

Показателем эффективности капиталовложений в применение при устройстве мощения растворов на основе вяжущих, может являться величина годовых затрат на строительство и эксплуатацию покрытий [12]:

$$K_{год} = A/n + B,$$

где буквенные обозначения соответствуют обозначениям в формуле 1.

Подставляя в формулу численные значения из табл. 19. получим: для конструкции 1 (при сроке службы 16 лет) -  $K_{год} = 410,75$  руб; для конструкции 2, при сроке службы 5 лет -  $K_{год} = 870,00$  руб и при сроке службы 8 лет -  $K_{год} = 652,50$  руб.

**Таким образом, по величине годовых затрат на строительство и эксплуатацию, применение дорожных покрытий с применением растворов на основе вяжущих является предпочтительным.**

**3. Оценка мощения с применением растворов на основе вяжущих, как составляющей качественного уличного дизайна.**

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что после проведения мероприятий, повышающих качество уличного дизайна, стоимость жилой недвижимости возрастает на 5,2 %, а стоимость аренды розничных площадей на 4,9 % [13]. Эти данные также играют ключевую роль в обосновании эффективности капиталовложений. Инвестиции в создание качественной городской среды полностью окупают себя.

В Англии разработана программа по оценке преимуществ качественной городской среды [13]. В программу входит система оценки качества пешеходной среды. В частности, для оценки состояния тротуаров используются следующие критерии:

Как видно, около трети всех критериев относится непосредственно к состоянию дорожных покрытий. Это - качество покрытия, удобство технического обслуживания (содержания) и водопроницаемость покрытия. В случае применения растворов для мощения на основе вяжущих качественные показатели этих критериев повышаются.



Рис. 86. Критерии оценки состояния тротуаров.



# ЛИТЕРАТУРА

1. ВСН 45-68 "Инструкция по учету движения транспортных средств на автомобильных дорогах".
2. ОДН 218.2.032-2013 "Методические рекомендации по учету движения транспортных средств на автомобильных дорогах".
3. ОДН 218.046-01 "Проектирование нежестких дорожных одежд".
4. РМД 32-18-2013 "Рекомендации по применению мощения при устройстве покрытий территорий жилой и общественно-деловой застройки". Правительство Санкт-Петербурга, 2013 г. (актуализированная редакция 2015 г).
5. СТО 93688437-001-2015 "Смеси сухие строительные для мощения Tubag. Технические условия". ЗАО "Квик-микс", 2015 г.
6. СП 34.13330.2012 "СНиП 2.05.02-85\*. Автомобильные дороги". Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\* (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 30 июня 2012 г. N 266).
7. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений. Шилин А. А., Зайцев М.В., Золоторев И. А., Ляпидевская О.Б. 2003 г.
8. Директивы по стандартизации дорожной одежды дорог, улиц и других транспортных сооружений (пер.с нем.). Научно-исследовательское общество по дорожному строительству и транспорту. Кельн, 2012 г.
9. Дополнительные технические условия договора для строительства тротуаров, пешеходных дорожек и площадок за пределами проезжей части. Издатель: Исследовательским обществом ландшафтного проектирования и строительства (FLL). 2013 г. Перевод с нем. ЗАО «Квик-микс».
10. Нефедов В. А. Городской ландшафтный дизайн. СПб.: «Любавич», 2012.
11. Никеров Н. С. Дорожные одежды автомобильных дорог общего пользования. Часть 1. Учебное пособие. – СПб: Петербургский государственный университет путей сообщения, 1997.
12. Мисюкас А. А. Исследования вопросов благоустройства и конструкции пешеходных путей в городах (на опыте городов Литовской ССР). Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук. Киев, 1971.
13. Мощенные золотом. Действительная ценность качественного уличного дизайна. Комиссия по архитектурному и строительному окружению (CABE). Великобритания, 2007 г. Материал подготовлен Д. М. Штефаном. Портал «Ландшафтная индустрия», [www. landindustry.ru](http://www.landindustry.ru).
14. Павлова Н. С. Особенности работы тротуаров с покрытиями из сборных бетонных элементов. // Совершенствование методов строительства и эксплуатации автодорог: Сб. науч. тр. МАДИ. М., 1982.
15. Методика расчета дорожных одежд с покрытием из искусственных камней мощения. Костиков Ю. Б., Шестопалов А. А. Сборник докладов Международной научно-практической конференции «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе». Пермь, 2013 г.
16. Мостовые и тротуары из естественного камня. Москва, Государственное транспортное издательство, 1933 г.
17. Указания WTA 5-21 «Жесткая конструкция-историческая брусчатка». Научно-техническая ассоциация по охране памятников. Издание: 01.2009/D. Перевод с нем. ЗАО «Квик-микс».
18. Pflaster Atlas (Атлас мостовой). Planung, Konstruktion und Herstellung. Prof. Dr.-Ing. Horst Mentlein. Berlin, 2009.

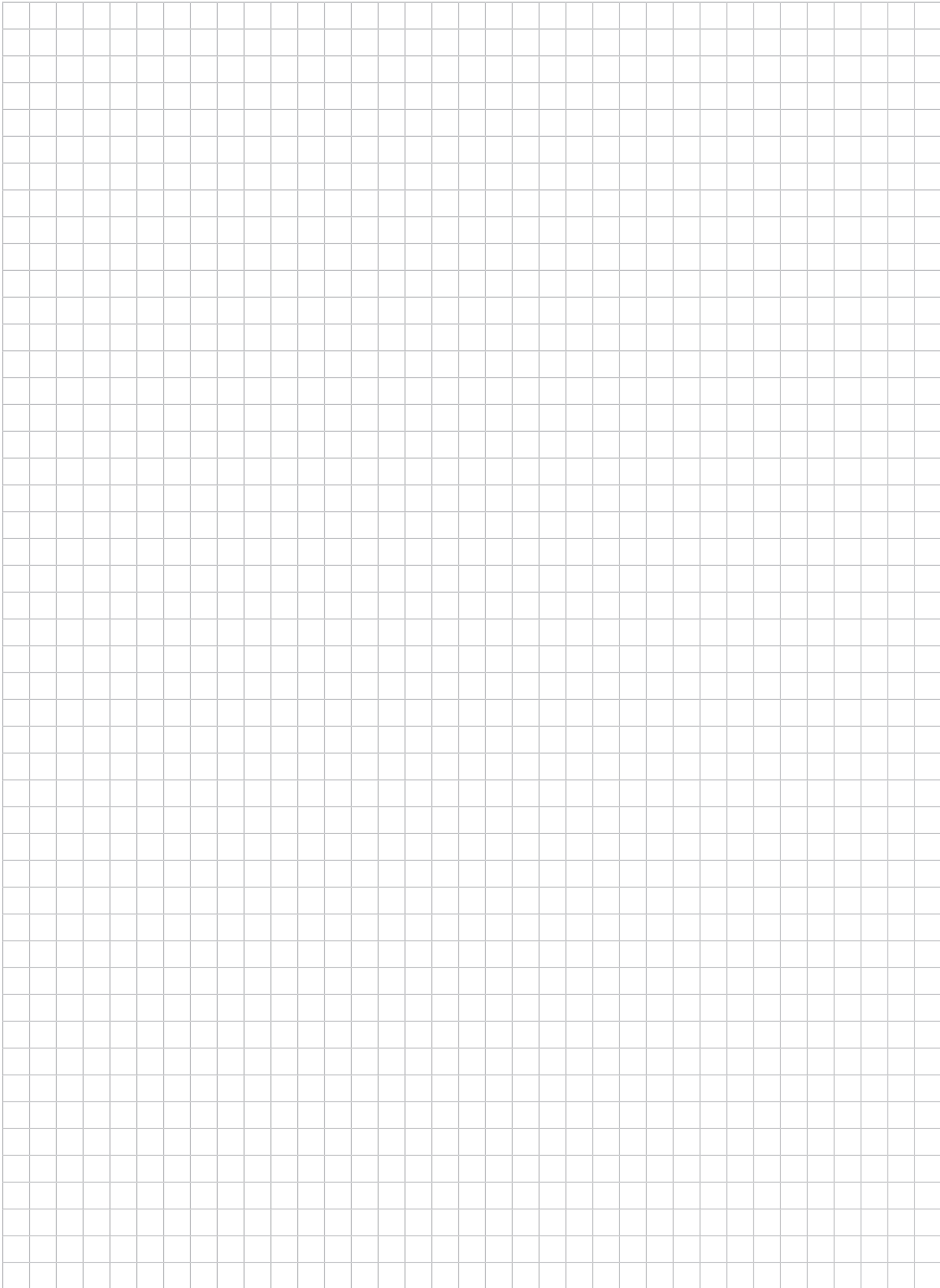
# ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

<http://www.quickmix.ru>

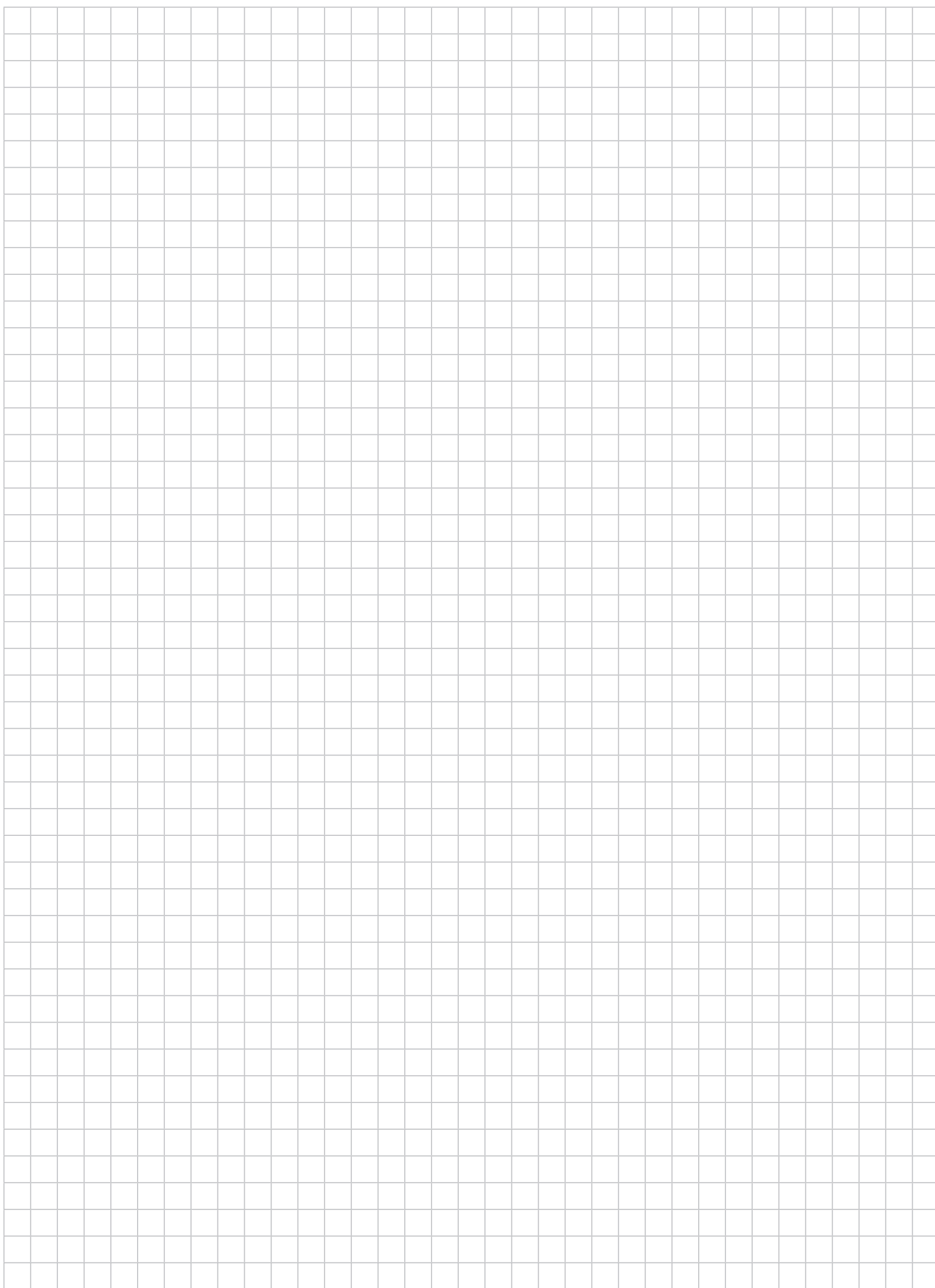
<http://www.quickmix.ru/ru/servis/videoteka.html>

<https://www.youtube.com/user/quickmixbaustoffe/videos>

# ДЛЯ ЗАМЕТОК









Наш партнер:

**Региональные представители АО «Квик-микс»**

ЦФО – Центральный Федеральный Округ  
(Воронеж, Брянск, Белгород, Орел, Калуга, Курск, Липецк, Тамбов, Тула, Рязань)

**г. Москва**

Кисляных Владимир Вячеславович  
Моб.: +7 (916) 040-51-32  
E-Mail: v.kislyanskikh@quick-mix.com

СЗФО – Северо-Западный Федеральный Округ

**г. Санкт-Петербург**

Дубовой Леонид Леонидович  
Моб.: +7 (911) 747-05-08  
E-Mail: l.dubovoi@quick-mix.com

ПФО – Приволжский Федеральный Округ  
(Набережные Челны, Оренбург, Самара, Саратов, Ульяновск, Уфа, Чебоксары, Йошкар-Ола)

**г. Казань**

Жамалтдинов Ильдар Ирфанович  
Моб.: + 7 (987) 297-25-90  
E-Mail: i.zhamaltdinov@quick-mix.com

УФО – Уральский Федеральный Округ

**г. Екатеринбург**

Панкин Андрей Валерьевич  
Моб.: +7 (912) 218-74-66  
E-Mail: a.pankin@quick-mix.com

ЦФО – Центральный Федеральный Округ  
(Смоленск, Тверь, Ярославль, Кострома, Владимир, Иваново)

**г. Москва**

Подкин Роман Владимирович  
Моб.: +7 (916) 040-54-38  
E-Mail: r.podkin@quick-mix.com

ЮФО - Южный Федеральный Округ

**г. Краснодар**

Вахрушев Виталий Вячеславович  
Моб.: +7 (918) 014-64-40  
E-Mail: v.vahrushev@quick-mix.com

ПФО – Приволжский Федеральный Округ  
(Нижний Новгород)

**г. Нижний Новгород**

Успенский Александр Сергеевич  
Моб.: + 7 (920) 035-40-99  
E-Mail: a.uspenskiy@quick-mix.com

СФО – Сибирский Федеральный Округ

**г. Новосибирск**

Положенцев Сергей Борисович  
Моб.: + 7 (913) 463-34-58  
E-Mail: s.polozhentsev@quick-mix.com

