

МОЩЕНИЕ

с применением растворов
на основе вяжущих

quick-mix 

ЗАО «Квик-микс»
2013



ЗАО «Квик-микс», www.quickmix.ru, www.квик-микс.рф.
Тел. 8 (499) 42-908-42.
E-mail: moscow@quick-mix.com.

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

© ЗАО «Квик-микс», 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Современные дорожные покрытия из камней/плит мощения.	5
1.1. Конструкция дорожного покрытия	5
1.2. Классификация покрытий.....	5
1.3. Особенности строительства и эксплуатации	7
2. Растворы для мощения на основе вяжущих	11
2.1. Описание растворов "tubag"	11
2.2. Примеры конструкций дорожных одежд	12
2.3. Технология выполнения работ по мощению.....	15
3. Примеры мощения с применением растворов	16
3.1. Мощение булыжником	16
3.2. Мощение гранитной шашкой	22
3.3. Мощение плитами	24
3.4. Мощение бетонной брусчаткой и клинкером.....	25
3.5. Комбинированные покрытия	27
4. Экономическое обоснование применения растворов на основе вяжущих	28
Литература	31
Приложение: Растворы для мощения "tubag" ЗАО "Квик-Микс"	

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время при устройстве мощения начинают применяться специальные растворы на основе вяжущих. Использование новых материалов обусловлено современными условиями строительства и эксплуатации мощеных покрытий.

В пособии дается описание растворов марки "tubag" производства ЗАО "Квик-микс" с тарссово-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 предназначено для специалистов, занимающихся ландшафтным проектированием и строительством.

Пособие разработано ЗАО "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.

1.1. Конструкция дорожного покрытия из камней/плит мощения

Под мощением в настоящем пособии будем понимать устройство дорожного покрытия из штучных естественных или искусственных материалов.

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.

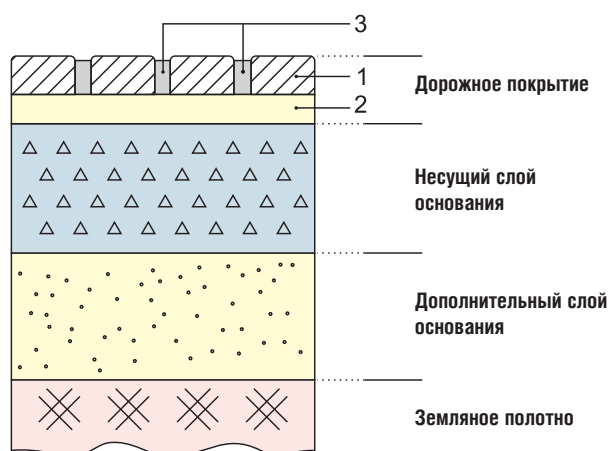


Рис. 1. Принципиальная схема дорожной одежды с покрытием из камней/плит мощения

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

1.2. 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);
- небольшая стоимость первоначального устройства (по сравнению со связанными покрытиями).

Недостатком таких покрытий является большое количество швов, которые нуждаются в постоянном уходе. При строительстве и эксплуатации, надо стремиться, чтобы швы были заполнены материалом заполнителя. В научно-исследовательских работах [5, 11]* 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

* Здесь и далее квадранными 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 (по Стандарту предприятия-изготовителя)	Водопроницаемые растворы (по Стандарту предприятия-изготовителя)	Водопроницаемые растворы (по Стандарту предприятия-изготовителя)	Песок, песок обработанный стабилизатором
Подстилающий слой	Дренажный раствор (по Стандарту предприятия-изготовителя)	Дренажный раствор (по Стандарту предприятия-изготовителя)	Песок, песок из отсеков дробления (по ГОСТ 8736-93)	Песок, песок из отсеков 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)

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 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.

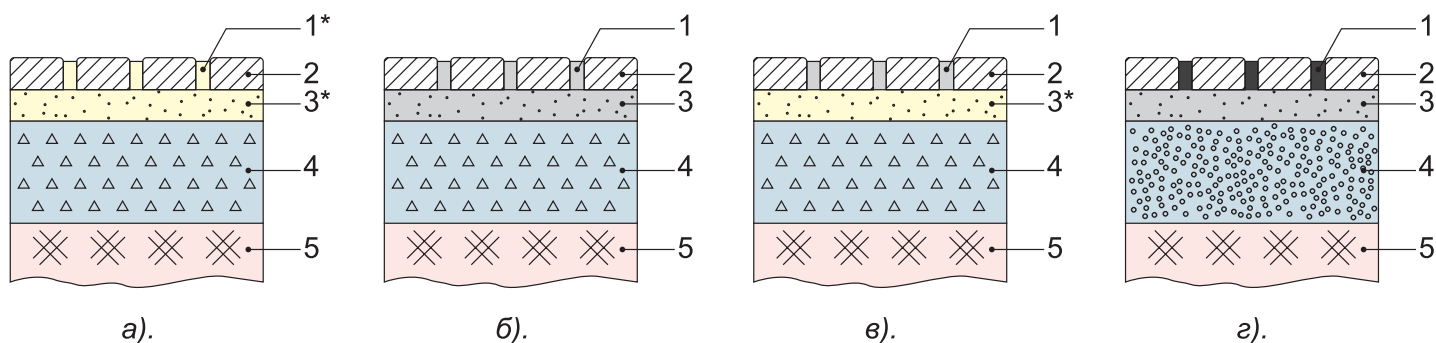
Недостатки:

- 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 из камней мощения рекомендуется применять совместно с натуральными материалами и клинкером при мощении:

- территорий прилегающих к памятникам архитектуры, истории и культуры;
- набережных с парапетами и спусками, где возможно превышение уровня воды и размыв мощения;
- территорий с повышенными требованиями к комфорту пешеходного движения (центральные пешеходные зоны, площади)
- эксплуатируемых кровель, с целью предотвращения попадания осадков в нижележащие слои дорожной конструкции и снижения нагрузки на гидроизоляцию;
- транспортных проездов, с целью повышения их прочности и увеличения сроков службы


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; 5 - земляное полотно.

1.3. 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).

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



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.)



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



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



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

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 задача которого обеспечить комфортные условия движения, но и современный способ оформления поверхности земли с целым рядом архитектурно-дизайнерских задач [7].

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).

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

2. При строительстве, при устройстве мощения из естественных 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 мощении устанавливать камни ближе друг к другу с минимальным швом. Современные предприятия-изготовители не предъявляют такие требования к изделиям для мощения.



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



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

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).

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).



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

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).

3. При эксплуатации 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

2.1. Описание системы мощения "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. 4), что улучшает его 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. На объект строительства материалы могут поставляться в мешках в виде сухой смеси, в мешках в комплекте с отвердителями или в готовом виде в вакуумных упаковках (банках) небольшой емкости.

Для 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 могут быть песочного, каменно-серого или цвета базальт; водонепроницаемые (вяжущее - цемент) - светло-серого, антрацида или бежевого цвета. Применение шовного раствора определенного цвета в сочетании с камнями/плитами позволяет получить определенный эстетический эффект (Рис 14.).

Применение водонепроницаемых растворов для заполнения швов предпочтительно, так в основание дорожной одежды попадает меньше влаги. Однако, в случае применения таких растворов значительно увеличивается нагрузка на ливневую канализацию, так как вся вода собирается в водосборные устройства. Надо учитывать также, что водонепроницаемые растворы "запечатывают" поверхность земли и растительность может недополучить необходимую влагу.

Растворы обеспечивают надежную фиксацию камней/плит в покрытии и долговечное твердое заполнение швов различных размеров (от 5 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 стандартам компании "Квик-микс", где указываются требования к ним и методика испытаний [1]. К растворам для подстилающего слоя, в зависимости от предполагаемых нагрузок на дорожное покрытие, предъявляются требования по зернистости, прочности на сжатие и водопроницаемости. К растворам для заполнения швов предъявляются требования по прочности на сжатие и по прочности сцепления при отрыве. Требования по стойкости к замораживанию и оттаиванию, в том числе, в присутствии антигололедных реагентов относятся только к водонепроницаемым растворам. Для водопроницаемых растворов нормируется их водопроницаемость. Для адгезионных растворов регламентируется прочность сцепления при отрыве раствора между нижней стороной камней, плит и подстилающим слоем. Испытания растворов производится на специально изготовленных образцах - кубках, а также после выполнения покрытия на выпиленных образцах цилиндрической формы.



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

Табл. 3. Система мощения "tubag"

Элементы дорожного покрытия			
Подстилающий слой	Швы		Растворы для улучшения адгезии между элементами мощения и подстилающим слоем
водопроницаемые растворы	водопроницаемые растворы	водонепроницаемые растворы	

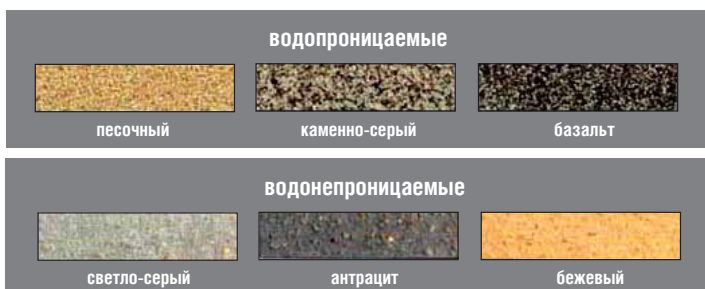


Рис.14. б. Варианты растворов для заполнения швов



Рис. 14. в. Перед применением растворов на всей площади мощения рекомендуется сделать опытный участок

2.2. Варианты конструкций дорожных одежд со связанными покрытиями

Конструкция дорожных одежд с покрытием из камней/плит с применением растворов назначается исходя из применяемого для мощения материала (камень или плита), нагрузок, имеющего основания и функциональной задачи мощения.

В отечественной практике опыта расчета 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, предлагается использовать зарубежные рекомендации и отечественный опыт строительства.

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)) [2].

Отметим основные положения документа, которые могут быть использованы в практике проектирования связанных дорожных покрытий.

1) Категории использования покрытий.

N1 - 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).

N2 - 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).

N3 - Покрытия как для нагрузки 2, на которые при этом 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, выполненного из дренирующего бетона.

Категория использования	Толщина несущего слоя
N1	не менее 100 мм
N2 и N3	не менее 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.

Категория использования	Толщина подстилающего слоя
- N1	не менее 6 см
- N2	не менее 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 мм
между плитами длиной большей или равной 600 мм;	10..15 мм

Швов шириной более 15 мм необходимо избегать.

Швы могут быть заполнены материалом подстилающего слоя не более чем на 1/3 толщины камней или плит.

Независимо от ширины швов швы должны быть полностью заполнены до высоты 3 мм ниже поверхности покрытия или нижнего края фаски.

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 деформируемости дорожного покрытия следует отказаться от геосинтетического полотна поверх несущего слоя.

Примеры конструкций дорожных одежд со связанными покрытиями представлены на рис. 15.

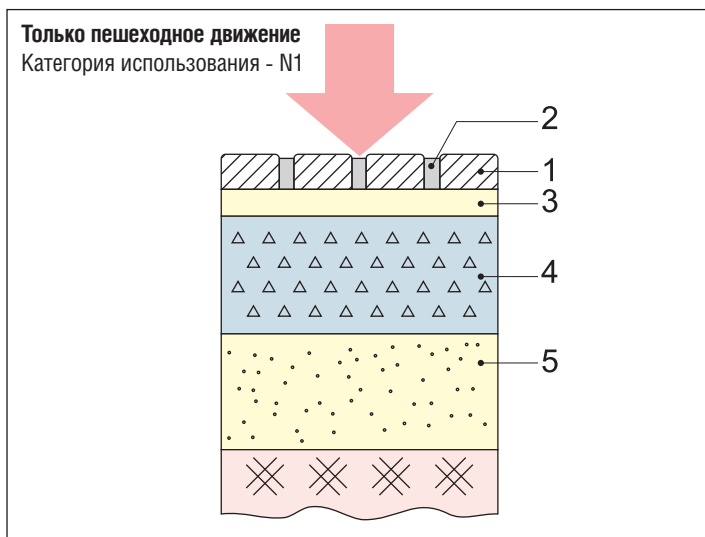


Рис. 15, а. Конструкция дорожной одежды с покрытием из камней мощения для категории использования N1.

- 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

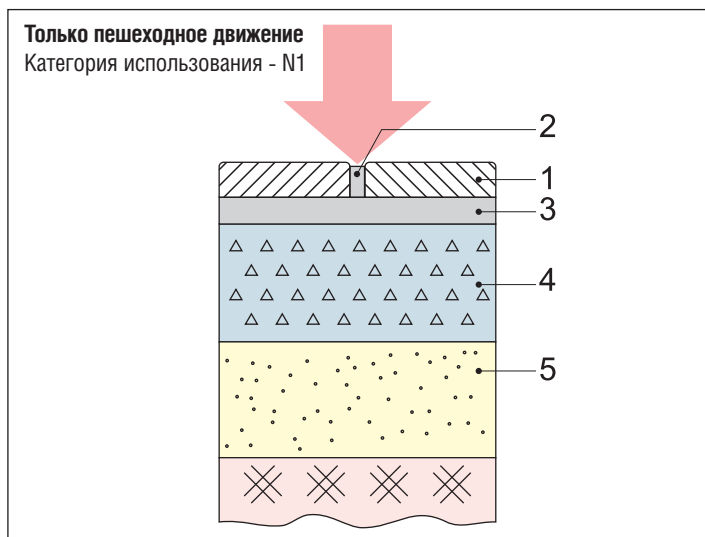


Рис. 15, б. Конструкция дорожной одежды с покрытием из плит мощения для категории использования N1.

- 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.

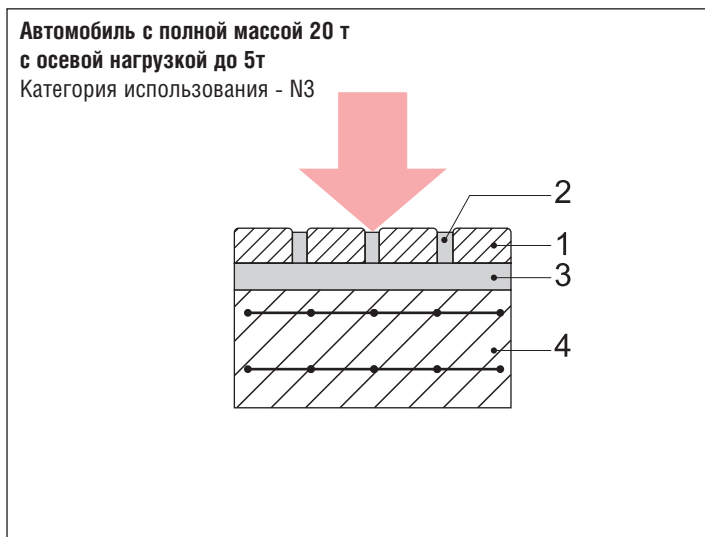


Рис. 15, в. Конструкция дорожной одежды с покрытием из камней мощения для категории использования N3.*

- 1 - камни мощения - 100 мм;
- 2 - швы заполненные водонепроницаемым 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.

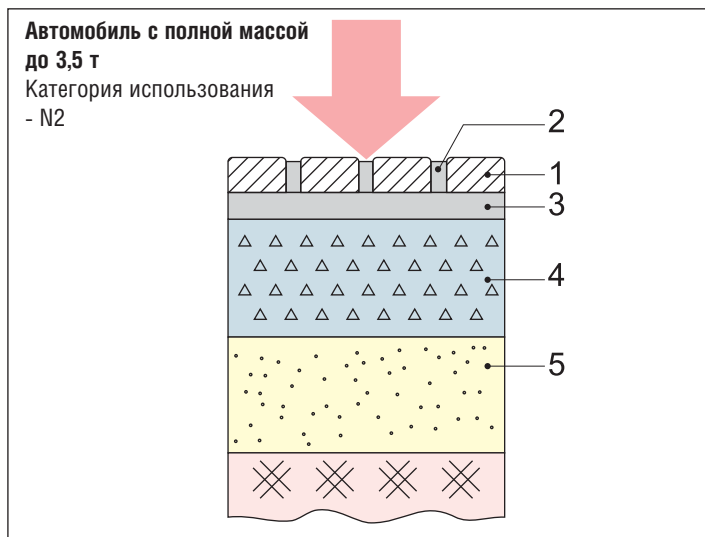


Рис. 15, г. Конструкция дорожной одежды с покрытием из камней мощения для категории использования N2.

- 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 камней мощения может быть уменьшена до 60 мм, при этом толщину подстилающего слоя рекомендуется увеличить до 120 мм.

При проектировании и строительстве, надо учитывать, что в связанной конструкции образуются температурные напряжения, которые в зависимости от материалов, используемых при изготовлении покрытия, и применяемого раствора для заполнения швов могут действовать 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. Благодаря использованию основания с повышенной прочностью сцепления (при необходимости с раствором для улучшения адгезии) возможные изменения длины уменьшаются вследствие

улучшенной связи с основанием и подстилающим 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 деформационных швов, задачей которых является уменьшение напряжений, возникающих в покрытиях. Рекомендации по их устройству содержатся в Указаниях WTA 5-21 "Жесткая конструкция-историческая брусчатка" [3].

Рекомендации по устройству деформационных швов

Задачей деформационных 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 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.

Деформационные 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 деформационных швах, по которым отсутствует движение транспорта, могут восприниматься перемещения большей величины, чем в деформационных швах, по которым осуществляется движение транспорта.

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

Расстояние между деформационными швами, в зависимости от породы камня, размеров элементов и типа заполнения швов должно составлять максимум 5-8 м (рис.16).

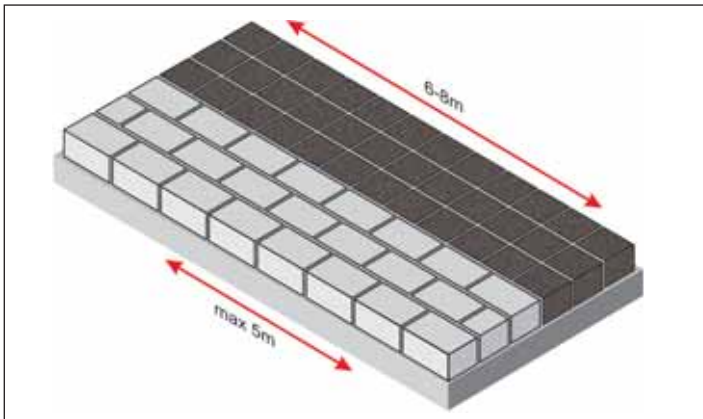


Рис.16. Схема расположения деформационных швов

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 деформационных швов, то в дальнейшем могут возникнуть трещины, достигающие видимой части 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.

Деформационные швы требуют контроля и ухода. Эти швы следует регулярно осматривать и при необходимости обновлять.

Для снятия возникающих напряжений в качестве альтернативы деформационным швам могут служить так называемые "зоны

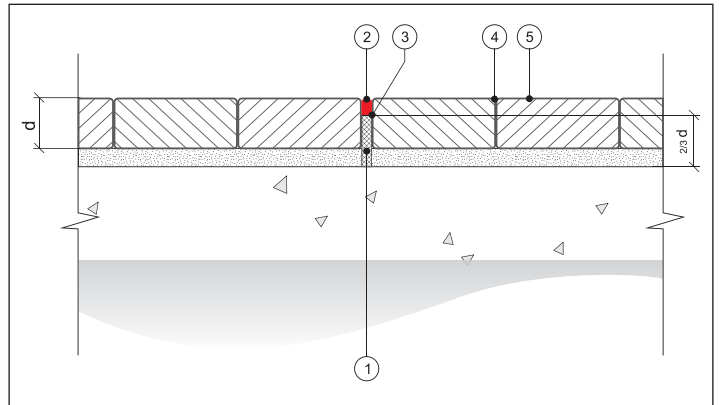
снятия напряжений". Однако, их нельзя располагать в зонах с интенсивным автомобильным движением.

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

Так же как и деформационные швы, зоны снятия напряжений должны быть окружены эластичными швами.

Пример выполнения деформационного шва для связанных дорожных покрытий при отсутствии автомобильного движения представлен на рис. 17. Для предварительного заполнения швов можно использовать специальную уплотнительную ленту, которая поддается сжатию, но после снятия нагрузки восстанавливает свою форму (например, лента из полиуретанового каучука).

Рис.17. Пример деформационного шва в брусчатых и плиточных



покрытиях связанной конструкции при отсутствии автомобильного движения

- 1-лента для предварительного заполнения швов; 2-заполнение швов;
3-песок; 4-раствор для заполнения швов; 5 -камни/плиты мощения

Надо отметить, что вопрос относительно устройства деформационных швов пока не изучен в полной мере и не имеется никаких данных о влиянии их на эксплуатационные показатели покрытия. Поэтому, возможны следующие решения:

- 1) Устраивать деформационные швы ориентируясь на выше изложенные рекомендации;
- 2) Совмещать деформационные швы со встроенными элементами или элементами обрамления мощения. Если же в каком-либо месте покрытия в ходе эксплуатации, в швах, 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.

При устройстве деформационных швов необходимо стремиться, что бы они не нарушали эстетический вид покрытия.

2.3. Технология выполнения работ по мощению

Растворы могут поставляться на объект в готовом виде - в силосах, бочках или в сухом - в мешках, для последующего приготовления путем добавления воды.

Для использования растворов требуется достаточно высокая температура воздуха, основания, а также укладываемых материалов. Для растворов на основе гидравлических вяжущих допустимая температура укладки составляет +5, для растворов на основе вяжущих из синтетических смол +10. При использовании специальных растворов укладка возможна при более низких температурах окружающей среды.

При устройстве подстилающего слоя следует:

- 1) Равномерно распределить раствор для подстилающего слоя по основанию, таким образом, чтобы толщина слоя в готовом мощении соответствовала проекту и рекомендациям раздела 2.2. настоящего документа.
- 2) Очистить камни/плиты 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.
- 3) Обработать нижнюю плоскость камней/плит (постель) адгезионными растворами.
- 4) Камни/плиты выравниваются по высоте резиновым молотком. Этим обеспечивается их конечное положение. При этом раствор подстилающего слоя должен подниматься максимум до одной трети толщины элемента мощения. После укладки камни/плиты подправлять (придавливать) не рекомендуется.
- 5) Во время работ по укладке следует тщательно очищать покрытие от остатков раствора для подстилающего слоя и прочих загрязнений.

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

Дорожные покрытия с не расшитыми швами необходимо защищать от вредных погодных воздействий и возможных загрязнений (падающих листьев, мусора и т.д.). Для этого, покрытие накрывается полиэтиленовой пленкой через прокладки с обеспечением воздушного зазора между пленкой и

свежеуложенным покрытием.

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.
- 2) Консистенция раствора должна быть такой, чтобы обеспечивалось полное заполнение швов.
- 3) Перед расшивкой швов требуется проверить элементы мощения на прочность их посадки в подстилающем слое. Возможные незакрепленные камни/плиты необходимо закрепить с помощью подходящих растворов.
- 4) Свободная высота швов должна составлять минимум две трети толщины камня/плиты. Перед заполнением швов их необходимо очистить от грязи и пыли. Затем, следует полностью заполнить оставшееся пространство шва раствором. При использовании камней/плит с фаской или скругленными гранями необходимо следить за тем, чтобы пространство шва было заполнено только до нижнего края фаски/скругления.
- 5) После расшивки швов, через установленное в инструкции к растворам время, покрытие необходимо тщательно очистить. В зависимости от вида применяемых растворов очистка производится щетками или водой. Необходимо следить за тем, чтобы очистка не вызвала потерю прочности раствора для заполнения швов, а раствор из швов не вымывался.
- 6) До достижения достаточной прочности раствора для заполнения швов брусчатое покрытие по возможности следует оградить от движения на строительной площадке, пешеходного и транспортного движения.

Технология работ по мощению с применением растворов на основе вяжущих проиллюстрирована на рис. 18.

К нижележащим слоям основания дорожной в зависимости от категории использования покрытия (п.2.2) предъявляются требования:

- к грунтовому основанию: по степени уплотнения, несущей способности, модулю деформации, водопроницаемости, плоскостности и уклону;
- к несущему слою: по степени уплотнения, модулю деформации, толщине, плоскостности, уклону и водопроницаемости.



Рис. 18. 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

3.1. Мощение булыжником

Пример 1. 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.

Для устройства дорожных покрытий применялись естественные каменные материалы: булыжный камень фр. 120-160 мм, гранитные шашка размерами 100x100x100 мм и плиты 500x500x100 мм. Укладка камней выполнялась на монтажный пескоцементный слой по щебеночному основанию. Швы заполнялись сухой песчано-цементной смесью, а при устройстве булыжной мостовой - дополнительно расклиновывались мелким щебнем (Рис. 19).

Ежедневно территорию крепости посещает большое количество народа, поэтому очень важно обеспечить комфортное движение пешеходов по дорожному покрытию.



Рис. 19. Фрагмент участка дорожного покрытия на территории Петропавловской крепости

ПРОБЛЕМА

В процессе эксплуатации мощеных покрытий материал заполнителя швов выветривается, вымывается и выносятся 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. 20).

Эксплуатирующая служба выполняет ремонт дорожных покрытий с применением цементно-песчаного раствора. Однако, закрепленные таким способом камни достаточно быстро выпадают из покрытия вновь, 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 21 и 22).



Рис. 20. Разрушение булыжного мощения в местах элементов ливневой системы



Рис. 21. Вид дорожного покрытия у главного входа в крепость



Рис. 22. Закрепление булыжных камней с помощью цемента-песчаного раствора не является эффективным

РЕШЕНИЕ

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. 23). 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.

ПРОГРАММА РАБОТ

Демонстрационный участок был разбит на две захватки. На первой захватке выполнялась укладка булыжника на дренажный раствор, с последующим заполнением швов, как это можно делать при новом строительстве. На второй захватке в существующем мощении швы только расширялись и заполнялись водопроницаемым раствором. По такой технологии возможно производить ремонт покрытия.

ИСПОЛНЕНИЕ

Захватка 1. На первом участке было выполнено перемощение булыжной мостовой на площади около 3 м. кв. Мостовая

вскрывалась, удалялся монтажный слой из пескоцемента до твердого основания. Камни очищались от остатков песчано-цементного раствора и укладывались на монтажный слой из дренажного раствора TDM (Рис. 24). Перед укладкой, основание камней обрабатывалось адгезионным раствором TNH-flex. Водосборный лоток также вскрывался, мощение устраивалось на дренажный раствор. Расход раствора составил около 120 кг (3 мешка по 40 кг) или около 40 кг на 1 м. кв. На следующий день было выполнено заполнение швов водопроницаемым раствором PFM.

Захватка 2. Швы мостовой расшивались на глубину не менее 30 мм механическим путем и с помощью факела воды под высоким давлением. Затем производилось заполнение швов раствором PFM (Рис. 25). Следует отметить, что заполнение швов в мощении без применения подстилающего слоя из дренажного раствора возможно только в случае исключительно пешеходного движения (см. п. 2.2).

Для заполнения швов на захватках 1 и 2 было израсходовано около 110 кг раствора PFM (5 банок по 22 кг), то есть около 11 кг/м. кв. Надо отметить, что расход шовного раствора напрямую зависит от размера швов. В данном случае, изначально, правила мощения булыжником не были соблюдены. Камни были уложены без заклинки, со значительными пустотами между ними. Это обусловило значительный расход раствора. При соблюдении правил булыжного мощения зазоры между камнями должны быть минимальными. Общая площадь захваток 1 и 2 составила 10 кв. м.



Рис. 23. Расположение и общий вид участка мощения для демонстрации растворов. На фото слева вдоль гранитных плит виден водосборный лоток



Захватка 1. Вскрытие булыжного мощения



Обработка основания булыжника адгезионным раствором



Укладка булыжника на раствор TDM



Водосборный лоток



Булыжник после укладки на дренажный раствор

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.

Рис. 24. Технология укладки булыжника на монтажный слой из дренажного раствора TDM



Расчистка швов факелом воды под высоким давлением



Распределение раствора по булыжному мощению



Тщательное заполнение швов



Удаление остатка раствора. Очистка булыжника



Увеличенные швы способствуют большому расходу раствора

Важно!

Вовремя удалить с покрытия остатки раствора для заполнения швов. Следует строго соблюдать указания производителя растворов.

Рис. 25. Технология заполнения швов водопроницаемым раствором PFM

Пример 2. Применение растворов для устройства булыжного мощения Большого двора Зимнего дворца

ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА

Большой двор Зимнего дворца в настоящее время используется для ожидания экскурсий в Государственный Эрмитаж. Дорожные покрытия двора выполнены из гранитных плит, пиленой гранитной брусчатки и булыжника (Рис. 26). Все посетители проходят через двор, прежде, чем попасть во внутрь музея. Поэтому, очень важно создать удобные условия ходьбы по покрытию и обеспечить его надлежащий внешний вид. Капитальный ремонт дорожных покрытий двора предусмотрен в 2014 году. Проект ремонта разработан специализированной ландшафтной мастерской № 9 ОАО "ЛЕННИИПРОЕКТ" под руководством Карповой Татьяны Михайловны.

ПРОБЛЕМА

Швы и подстилающий слой покрытия размываются водой, вытекающей на покрытие из водосточных труб. Прилегающее к водлосточным трубам и водоприемным лоткам покрытие разрушается. Эксплуатирующая служба музея пробывала выполнять закрепление камней цементно-песчаным раствором. Такой способ ремонта нарушал декоративный вид покрытия и не являлся долговечным. Состояние покрытий на период лета 2013 года показаны на рис. 27.



Рис. 26. Большой двор Зимнего дворца

РЕШЕНИЕ

Специалистами мастерской разработан рабочий проект, который предусматривает применение растворов для устройства булыжного мощения отстоки и открытого водосборного лотка (Рис. 28). Применение растворов позволило укрепить места мощения, наиболее подверженные размыву. План и поперечный разрез показан на рис. Применение растворов на всей площади мощения, было ограничено имеющимися во дворе подземными коммуникации, перекладка и замена которых изначально не была предусмотрена.



Рис. 27. Состояние дорожных покрытий Большого двора Зимнего дворца (лето 2013 г)

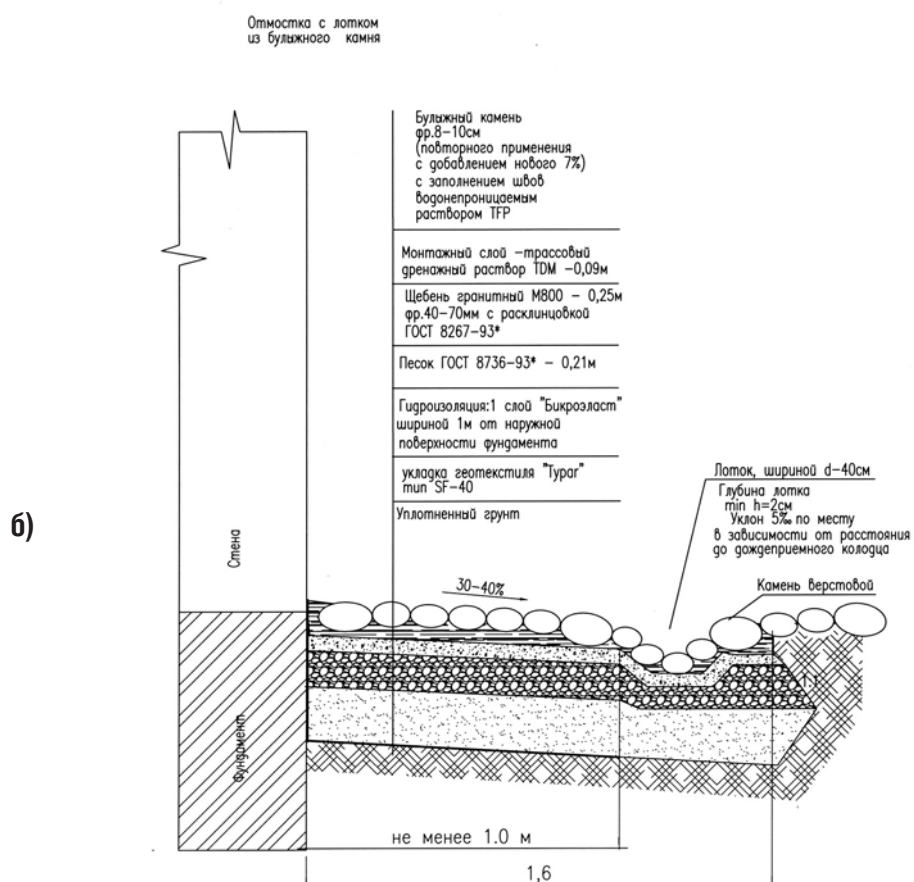
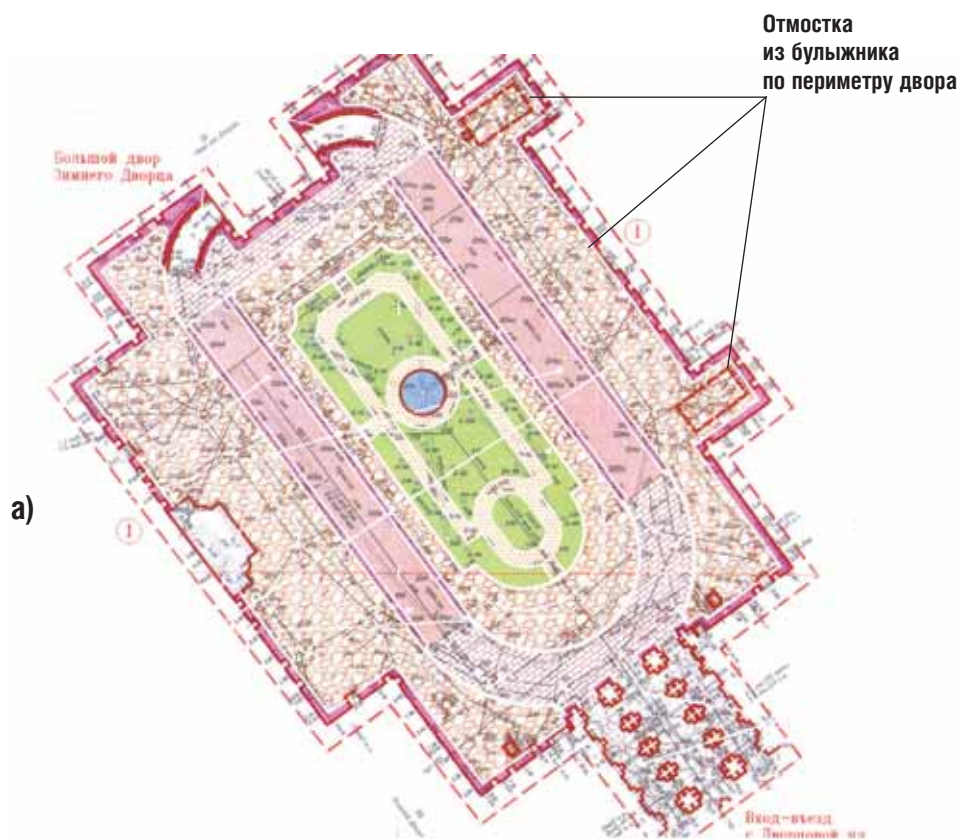


Рис. 28. Проект булыжного мощения отмостки Большого двора Зимнего дворца с применением растворов.

а) - план мощения; б) - поперечный разрез.

3.2 Мощение гранитной шашкой.

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

ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА

Якорная площадь - центральная площадь в историческом центре города Кронштадта (Кронштадтский 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.

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. 29). Выполненное мощение вызывает нарекания жителей и гостей города - по необработанной гранитной шашке неудобно ходить (Рис. 30). Возникшая ситуация неоднократно обсуждалась на заседаниях Общественного совета при администрации города Кронштадта и в районных средствах массовой информации.

РЕШЕНИЕ

В 2012 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. 29. Мощение северной части Якорной площади

- улучшение комфорта 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

Представителями компаний "Квик-микс" и "Балтстрой" были проведены переговоры и принята совместная программа действий, по которой, до конца 2013 года, предполагается использовать растворы для заполнения швов на опытном участке. Было решено выполнить работы в два этапа: 1 этап - применение растворов на участке площадью 10 кв. м. с целью отработки технологии работ, определения вида и расхода материалов; 2 этап - применение растворов на площади 100-200 кв. м. для наблюдения за покрытием в процессе эксплуатации в осенне-зимний период.

ИСПОЛНЕНИЕ

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 показана на рис. 31 и включает следующие операции: 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).



Рис. 30. Текущее состояние мощения (фото 2013 г)



Расшивка швов на глубину не менее 30 мм



Распределение по поверхности дорожного покрытия раствора с тщательным заполнением швов



Подметание поверхности мощения щеткой



Участок покрытия с заполненными швами

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. 31. Технология выполнения работ по заполнению швов

3.3 Мощение плитами

Пример. 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. Доменирующим элементом оформления набережной стало новое мощение плитами из природного камня.

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 (Рис. 32). Далее, устраивался дренажный подстилающий слой толщиной 5 см. Для повышения сцепления плит с подстилающим слоем использовался раствор-шлам. Завершающей операцией было 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, в дальнейшем, они могут быть заполнены эластичным материалом. Преимуществом такого решения является то, что эластичные зоны расположены точно в местах с максимально высокими напряжениями.

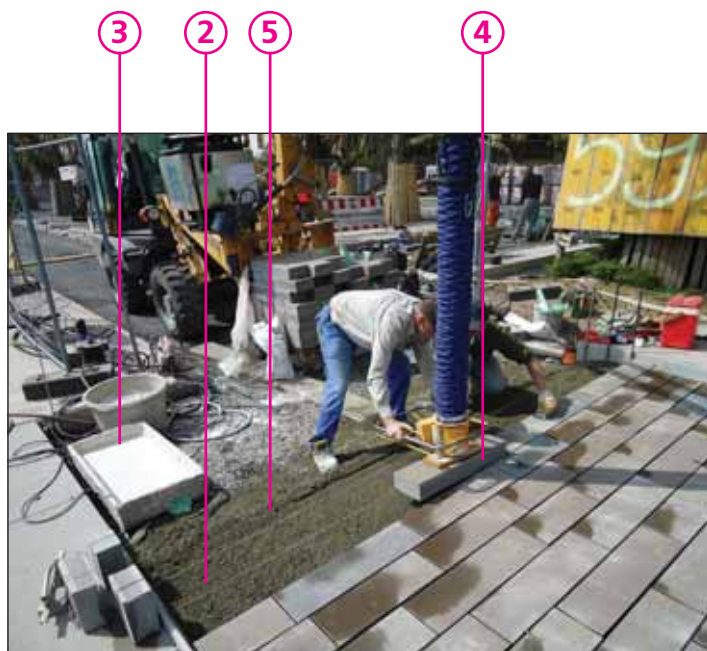
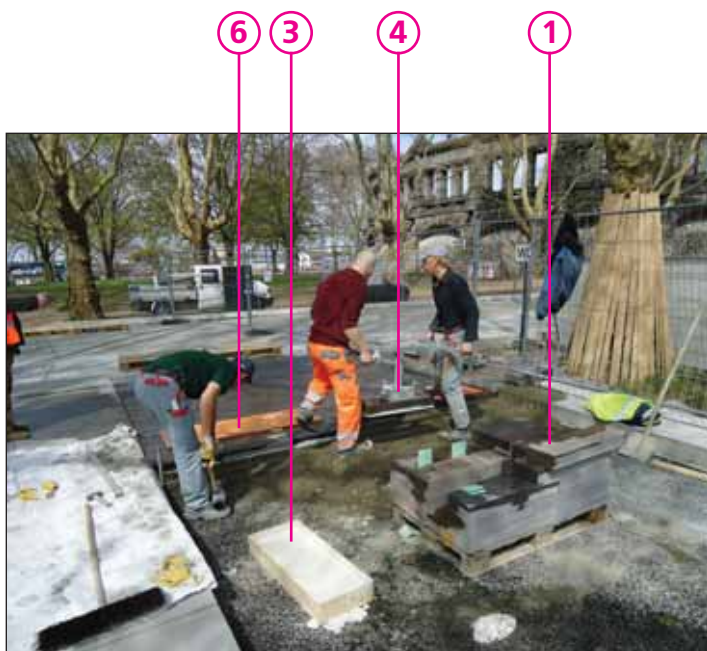


Рис. 32. Производство работ по мощению плитами с применением растворов "tubag"

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.



3.4 Мощение клинкером и бетонной брусчаткой

Пример. Мощение клинкером частной резиденции на Крестовском острове (Санкт-Петербург)

В 2010 году была выполнена поставка растворов "tubag" для устройства мощения из клинкера на территории частной резиденции на Крестовском острове в Санкт-Петербурге. Конструкция дорожной одежды представлена на рис. 33.

В 2013 году произведен визуальный осмотр дорожного

покрытия. При этом не обнаружено трещин в швах, неровностей покрытия и каких-либо других дефектов, что говорит о правильном назначении конструкции и выборе материалов.

Другие примеры мощения клинкером с применением растворов на основе вяжущих показаны на рис. 34

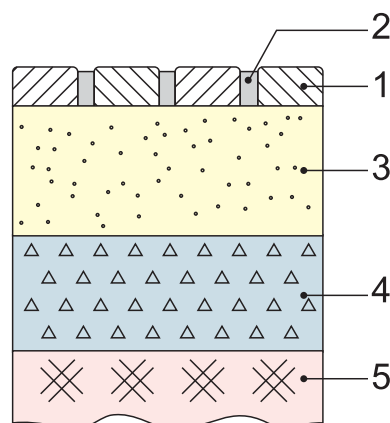


Рис. 33. Дорожная одежда с покрытием из клинкерного кирпича с использованием растворов на основе вяжущих:

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



Рис. 34 . Заполнение швов в мощении из клинкера раствором

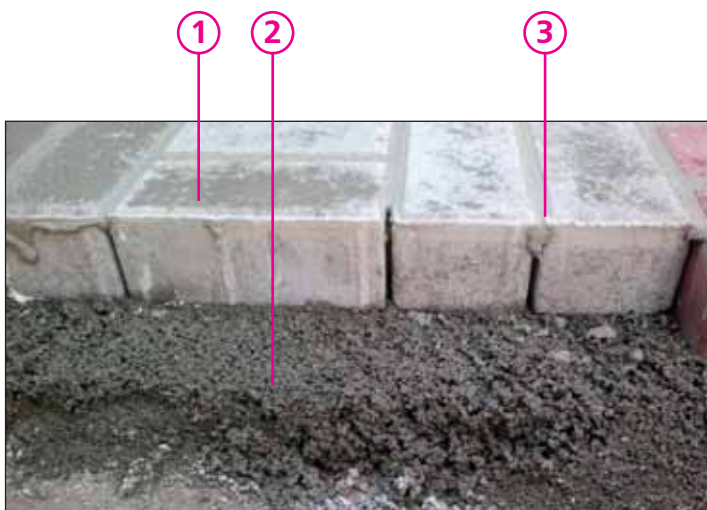
Пример. Мощение бетонной брусчаткой вертолетных площадок

В некоторых случаях строго необходимо обеспечить некоторые эксплуатационные качества дорожного покрытия. В случае мощения вертолетных площадок на территории строящегося в Санкт-Петербурге выставочного центра требовалось обеспечить беспыльность покрытия и надежность заполнения швов. Эти качества оказались приоритетными, так как вертолеты при посадке и взлете создают мощные воздушные потоки, которые могли выдувать песок из швов. Проектной организацией "Аэротехнический центр" было предложено проектное решение с использованием для заполнения швов растворов на основе вяжущих (рис.35).

При применении растворов для заполнения швов в дорожном покрытии из искусственных камней мощения следует учитывать, что их размеры адаптированы к швам шириной 3-4 мм. Для фиксации такой ширины швов на боковых поверхностях камней имеются специальные выступы. Выступы позволяют вести укладку камней мощения 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. 36.



Рис. 35а. Конструкция дорожной одежды вертолетной площадки



а)



б)

Рис. 35б. Дорожное покрытие из искусственных камней мощения с использованием растворов на основе вяжущих:

1 - камни мощения; 2 - подстилающий слой из дренажного раствора; 3 - заполнение швов водонепроницаемым раствором.

Рис. 36. Заполнение швов водонепроницаемым раствором:

а) - раствор нанесен на поверхность мощения;

б) готовый участок покрытия после смывания раствора.

3.5. Комбинированные покрытия

Пример. Набережная Рейнаухафен 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 Рейнаухафен 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 крупноразмерные 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 крупноразмерных 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.

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.37



Рис. 37. Набережная Рейнаухафен в Кельне после реконструкции.

4. 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 [6].

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./ м²) ;
- B** - средняя годовая стоимость ремонта и содержания (руб./ м²);
- O** - остаточная стоимость дорожного покрытия по окончании срока его службы (руб./ м²) ;
- I** - площадь дороги (м²) ;
- 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. 38.

Калькуляция расчета стоимости первоначального устройства покрытия для конструкций 1 и 2 приведена в табл. 4.

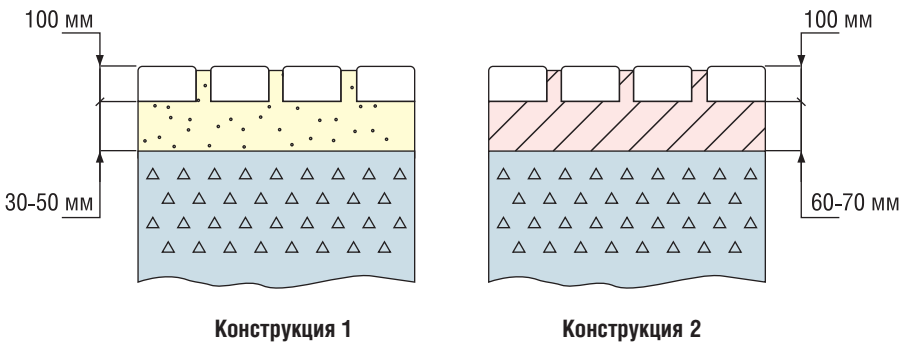


Рис. 38. Примеры конструкций

Табл. 4. Стоимость первоначального устройства дорожного покрытия

Материал, работы	Стоимость первоначального устройства дорожного покрытия, руб/м² (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
Всего:	2900	4700

Срок ремонта для несвязанной конструкции 1 примем ориентируясь на данные из работы [8] - 8 лет. Для этой конструкции также рассмотрим дорожные расходы на момент окончания гарантийный 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 [8] - 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].

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. 5.

По результатам расчета построен график (рис.39) 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.

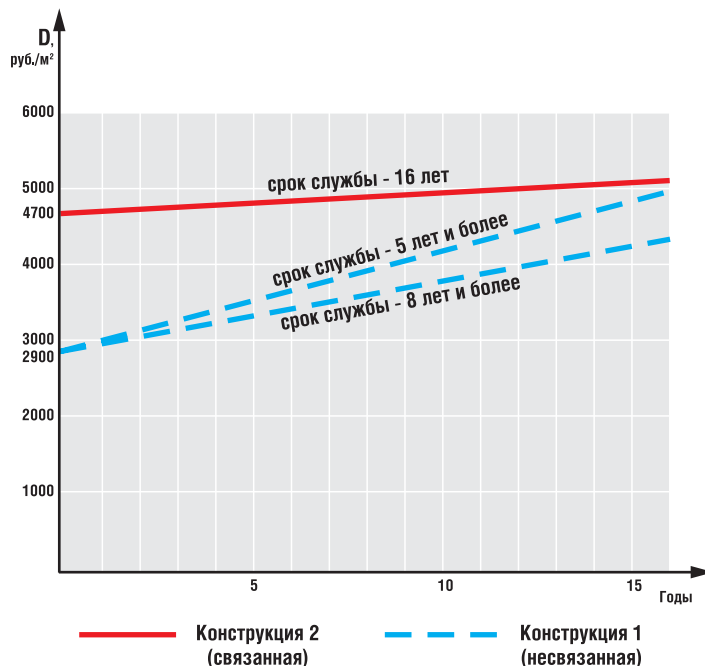


Рис. 39. Дорожные расходы

Табл. 5. 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 [9]:

$$K_{\text{год}} = A/n + B,$$

где буквенные обозначения соответствуют обозначениям в формуле 1.

Подставляя в формулу численные значения из табл. 5. получим: для конструкции 1 (при сроке службы 16 лет) - $K_{\text{год}} = 410,75$ руб; для конструкции 2, при сроке службы 5 лет - $K_{\text{год}} = 870,00$ руб и при сроке службы 8 лет - $K_{\text{год}} = 652,50$ 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 % [10]. 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 [10]. 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. 40. Критерии оценки состояния тротуаров.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТУ 5745-001-93688437 – 2009 «Смеси сухие строительные системы tubg». ЗАО «Квик-микс», 2009 г.
2. ZTV Дорожное строительство - 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».
3. Указания WTA 5-21 «Жесткая конструкция-историческая брусчатка». Научно-техническая ассоциация по охране памятников. Издание: 01.2009/D. Перевод с нем. ЗАО «Квик-микс».
4. РМД 32-18-2012 «Рекомендации по применению мощения при устройстве территорий жилой и общественно деловой застройки». Правительство Санкт-Петербурга, 2012 г.
5. Костиков Ю. Б. Влияние параметров покрытия из искусственных камней мощения на прочность дорожной одежды.: Дис. Канд. Техн. Наук. – СПб.: СПбГАСУ, 2004 г.
6. Некрасов В. К. Мостовые и тротуары из естественного камня. Москва, 1933 г.
7. Нефедов В. А. Городской ландшафтный дизайн. СПб.: «Любавич», 2012.
8. Никеров Н. С. Дорожные одежды автомобильных дорог общего пользования. Часть 1. Учебное пособие. – СПб: Петербургский государственный университет путей сообщения, 1997.
9. 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.
10. 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).
11. Павлова Н. С. Особенности работы тротуаров с покрытиями из сборных бетонных элементов. // Совершенствование методов строительства и эксплуатации автодорог: Сб. науч. тр. МАДИ. – М., 1982.

Места расположения заводов

Германия

Берлин / Людвигсфельде
Ганновер
Грисхайм
Йорль
Кальтенкирхен
Круфт
Лейпциг
Манхинг
Марль
Нойвид
Оснабрюк
Острау
Розенау / Мамминг
Росток
Фрайунг
Швагсторф
Штокштадт

Китай

Хэфэй

Люксембург

Контерн

Польша

Рава / Варшава
Стржелин / Вроцлав

Россия

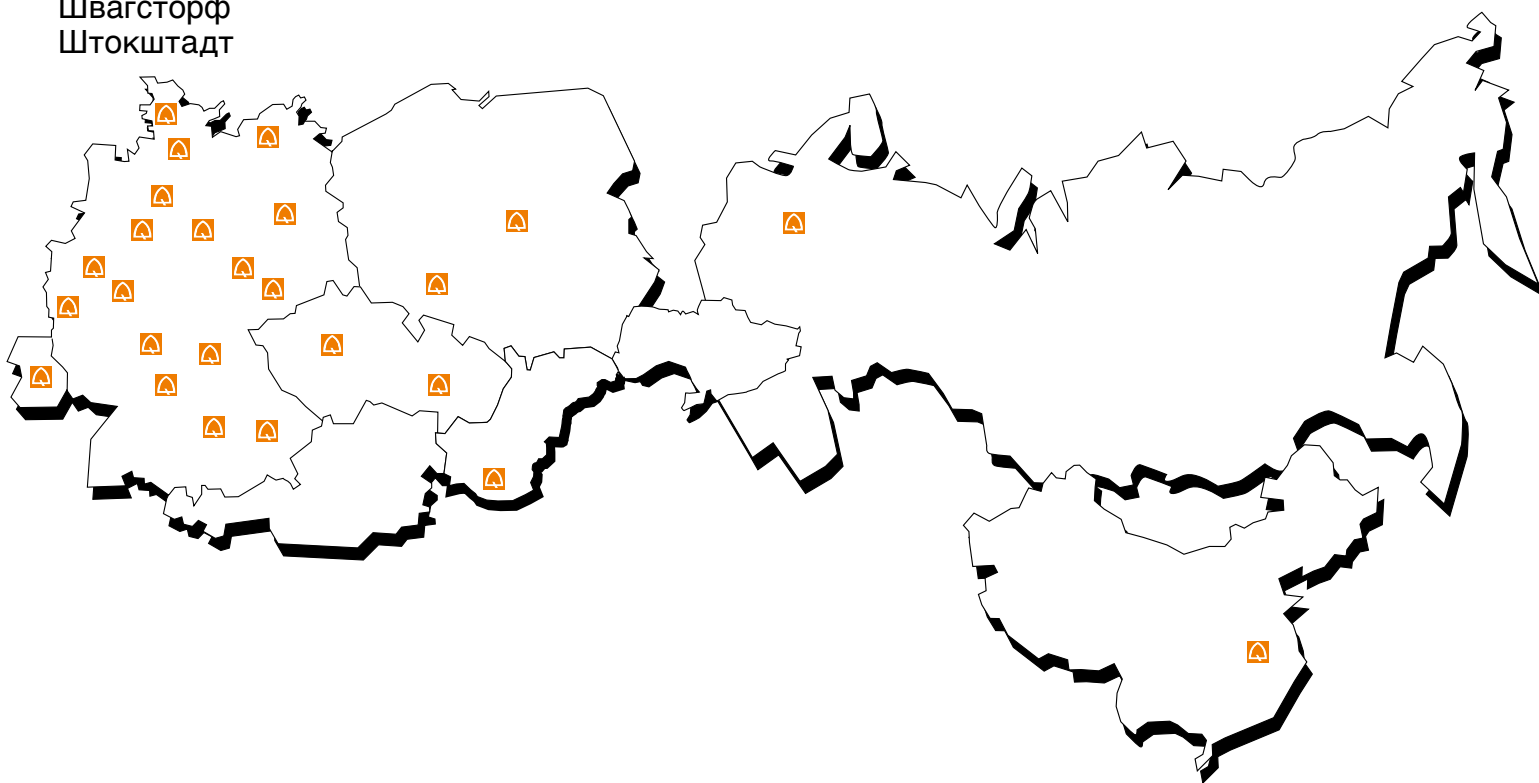
Ногинск / Москва

Словакия

Вельки Медер

Чехия

Брно
Прага



ЗАО «Квик-микс»

127220 г. Москва
Башиловская ул., д. 12
Тел.: +7 (499) 42-908-42
Факс: +7 (499) 42-908-41
moscow@quick-mix.com
www.квик-микс.рф
www.quickmix.ru

