

МОЩЕНИЕ

ТЕРРИТОРИЙ С ОСОБО ВЫСОКИМИ НАГРУЗКАМИ НА ДОРОЖНОЕ ПОКРЫТИЕ

ПОРТЫ, КОНТЕЙНЕРНЫЕ ТЕРМИНАЛЫ,
СКЛАДСКИЕ ПЛОЩАДКИ, АЭРОДРОМЫ



ОАО «ЛЕНСТРОЙДЕТАЛЬ», 2013

С 2008 года компания "Ленстройдеталь" развивает направление мощения территорий с особо тяжелыми нагрузками на дорожное покрытие. Для мощения применяется искусственный камень высотой 100 мм изготовленный методом полусухого вибропрессования. Изделия производятся на высокотехнологичном немецком оборудовании "Hess". В период с 2008 по 2013 годы с участием компании выполнено несколько крупных портовых и терминальных проектов. В 2011 году приобретена специальная пресс-форма нового поколения для изготовления камней "Eskoo-six". В 2012 году закуплена машина "Optimas" для механизированного мощения, применение которой существенно ускоряет строительство. Все построенные объекты имеют положительный опыт эксплуатации.

Компания "Ленстройдеталь" заинтересована в дальнейшем развитии направления мощения промышленных территорий, поэтому предлагает заказчикам и проектировщикам настоящее пособие, где обобщен отечественный и зарубежный опыт проектирования, строительства и эксплуатации высоконагруженных дорожных покрытий из искусственных камней мощения.

Компания выражает признательность своим клиентам и партнерам за сотрудничество и предоставленную информацию для данного пособия.

Автор: **Костиков Ю. Б.**,
к. т. н., директор по развитию проекта "Hess" ОАО "Ленстройдеталь";
kostikovspb@mail.ru

1. Термины и определения	5
2. Дорожные покрытия из искусственных камней	6-15
2.1. Виды искусственных камней	6
2.2. Преимущества применения	9
2.3. Экономическое обоснование	12
2.4. Особенности покрытий	14
3. Портовые территории, контейнерные и складские терминалы	16-43
3.1. Зарубежный опыт строительства	16
3.2. Опыт проектирования и строительства в Санкт-Петербурге	19-30
3.2.1. Контейнерный терминал ОАО "Петролеспорт"	19
3.2.2. Многопрофильный контейнерный терминал "ЮГ-2" (порт Усть-Луга)	22
3.2.3. Терминал "Осиновая Роща"	25
3.2.4. Контейнерный терминал автомобильного завода "Toyota"	27
3.2.5. Терминал "Восход"	29
3.3. Особенности производства работ по мощению и контроль качества	30
3.4. Опыт эксплуатации	38
3.5. Правила транспортировки, укладки и эксплуатации искусственных камней мощения	42
4. Аэродромные покрытия	44
5. Результаты исследований работы дорожных покрытий из искусственных камней мощения	47-50
5.1. Влияние швов и раскладки камней мощения	47
5.2. Распределяющая способность дорожных покрытий из искусственных камней мощения	49
5.3. Штаповые испытания дорожных одежд с покрытием из искусственных камней мощения	51
6. Основные положения по конструированию и расчету	51
7. Литература	53
8. Отзывы	59
9. Партнеры	62

Территории с особо высокими нагрузками на дорожное покрытие - промышленные территории и аэродромы. Промышленная территория, производственная зона, промышленная зона, промзона - обособленная городская территория, предназначенная для размещения промышленных предприятий, складских и логистических комплексов и объектов сопутствующей инфраструктуры. В пособии рассматриваются дорожные одежды с покрытием из искусственных камней мощения, рассчитанные на воздействие перегрузочной техники с нагрузкой на ось 30 - 110 т (грузовые площадки для перегрузочных работ, площади для складирования и хранения, технологические площадки, дороги и подъезды для автомобильного и перегрузочного транспорта и т. д.), а также аэродромные покрытия.

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

Искусственный камень мощения для высоконагруженных территорий - бетонный элемент с высотой сечения (толщиной) не менее 100 мм, площадью опорной поверхности не более 0,05 м. кв и длиной не более 28 и 30 см соответственно для прямоугольных в плане и фигурных искусственных камней. Требования к искусственным камням мощения содержатся в стандарте организации - изготовителя.

Лицевая поверхность - поверхность искусственного камня, предназначенная для образования поверхности дорожного покрытия.

Покрытие из искусственных камней мощения - непосредственно воспринимает воздействие от подъемно-транспортных машин, автомобильного и технологического транспорта, складированных грузов (стирающие, ударные и сдвигающие нагрузки) и атмосферных факторов. Покрытие включает: собственно покрытие из искусственных камней высотой сечения 100-120 мм; заполнение швов между искусственными камнями (3-5 мм); монтажный (выравнивающий) слой толщиной 3-5 см в уплотненном состоянии. Монтажный слой предназначен для устранения неровностей основания и может быть выполнен из песка, гранитного отсева или пескоцемента (песка, укрепленного 8-12 % цемента).

Основание - обеспечивает совместно с покрытием перераспределение и снижение давления от внешних воздействий на нижележащие дополнительные слои или грунт земляного полотна. Основание может быть выполнено из различных материалов: щебня; пескоцементной смеси; щебня, укрепленного цементом или расклинцованного пескоцементной смесью. Дополнительный слой основания, в зависимости от решаемых задач, может выполнять морозозащитную, дренирующую и теплоизолирующую функции. Он выполняется из дренирующих не подверженных пучению материалов (песок, шлак и др.).

ДОРОЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ ИСКУССТВЕННЫХ КАМНЕЙ МОЩЕНИЯ

2. 1. Виды искусственных камней мощения

Отечественными и зарубежными исследованиями установлено, что форма, размеры и раскладка камней мощения оказывают существенное влияние на эксплуатационные показатели дорожного покрытия (прочность, ровность) при действии повышенных нагрузок.

Для мощения территорий с особо тяжелыми нагрузками на дорожное покрытие используются камни толщиной (высотой) не менее 100 мм. Применение камней высотой 80 или 90 мм не допустимо. Это связано с тем, что камни мощения высотой 100 мм, за счет сил трения-заклинки, действующих по их боковым

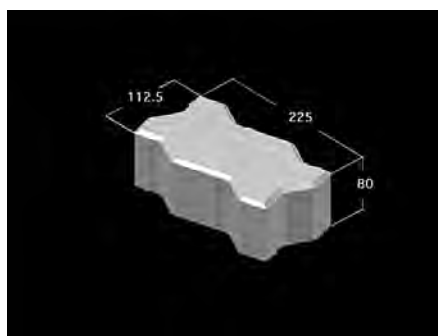
граням, распределяют нагрузку на нижележащие слои основания дорожной одежды на большую площадь, чем камни высотой 80 или 90 мм (См главы 5 и 6). При этом прочность самих камней имеет второстепенное значение, ввиду их небольших размеров и отсутствия в них изгибающих моментов от внешней нагрузки.

Камни мощения изготавливаются на современном технологичном оборудовании в заводских условиях, что гарантирует качество каждого изделия. Требования к искусственным камням для мощения территорий приведены в табл. 2.1.

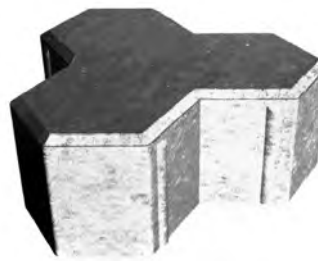
Табл. 2.1. Технические характеристики камней мощения

Наименование параметров	Значение
Класс бетона по прочности на сжатие	B35(45 МПа)
Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе	$B_{тв}=4,4$
Водопоглощение, % по массе, не более	6
Истираемость, г/см. кв, не более	0,7
Морозостойкость, циклов, не менее	300 (F 300)

На рис. 2.1. представлены варианты форм камней для мощения территорий с повышенными нагрузками на дорожное покрытие.



а) Камень мощения 1Ф.10 "UNI"
(225x112,5 мм)



б) Камень мощения 4Ф.10 "Трилистник"
("Eskoo-Six", 197x197 мм)

Рис. 2.1. Камни мощения для высоконагруженных территорий.

Опыт компании ОАО "Ленстройдеталь" по мощению терминалов с 2006 года (мониторинг за состоянием покрытий, анализ проектных решений, проведение строительных и ремонтных работ) позволяет дать оценку ранее принятым проектным решениям и рекомендовать новые - прогрессивные формы камней для мощения.

Камень мощения "UNI" получил широкое распространение за рубежом и применялся для мощения контейнерных терминалов "Петролеспорт" (Санкт-Петербург) и "ЮГ-2" (Усть-Луга) в период с 2006 - 2013 гг. Криволинейная форма камня в плане препятствует горизонтальному смещению камней относительно друг-друга. В процессе мощения и эксплуатации покрытия из камней типа "UNI" выявлены некоторые недостатки (рис. 2.2.):

1. Сложность в укладке. Изделия поставляются на объект в виде целых камней и их половинок. Наличие половинок камней обусловлено особенностями производственного процесса на заводе-изготовителе. Поэтому, с целью предотвращения образования сквозных швов в покрытии, при механизированной или ручной укладке, требуется постоянно контролировать раскладку или менять половинки на целые камни. Этим достигается перевязка рядов камней мощения.

2. При проектировании и производстве работ необходимо заблаговременно согласовать рисунок раскладки камней с учетом направления движения основной нагрузки. Недопустима раскладка камней мощения со сквозными швами, особенно вдоль движения контейнеровозов, погрузчиков и перегружателей, порталных кранов на пневмоходу.

3. Форма имеет криволинейную поверхность со множеством углов. Любое превышение камня над уровнем мощения приводит к их откалыванию. Как правило такая ситуация возникает при уклонах поверхности мощения в нескольких плоскостях, при организации точечного поверхностного водоотвода.

Камень мощения нового поколения "Eskoo-Six" (рис. 2.1., б) имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными формами "UNI" или "Катушка" (см. табл.2.2).



Дефекты укладки, которые снижают эксплуатационные показатели покрытия: "сквозные швы" - половинки камней не заменены на целые; скол угла камня, вероятнее всего вызван его завышением над общим уровнем покрытия.



Процесс замены половинок камней на целые с помощью специального захвата от компании "Probst" - весьма трудоемкий процесс.

Рис. 2. 2. Пример раскладки в дорожном покрытии камней "UNI".

Табл. 2.2. Преимущества каменной мощения "Eskoo-Six" перед другими формами.

Особенности формы	Преимущества
Образована правильными шестиугольниками	<ul style="list-style-type: none"> - меньшая протяженность швов в покрытии (на 30 %); - более прочная; - одинаково работает при любом направлении движущейся нагрузки (нет необходимости контролировать раскладку); - минимум подрезки по краям (максимальное заполнение плоскости мощения).
Размеры в плане 197 x 197 мм	<ul style="list-style-type: none"> - распределение статической и динамической нагрузки на большую площадь.
Грани располагаются под углом к движущейся нагрузки при любом направлении укладки мощения (рис. 2.3.)	<ul style="list-style-type: none"> - меньший износ покрытия; - меньший износ покрышек перегрузочной техники; - меньше шум при движении.



Рис.2.3. Пример раскладки в дорожном покрытии камней 4.Ф10 "Трилистник".



**Рис. 2.4.
Мощение камнем "Triloc"
(аналог "Eskoo-Six")
территории логистического
центра "Adidas".**

Фото с сайта компании "Optimas"

В настоящее время эта форма все больше применяется за рубежом для мощения промышленных объектов. Так компания "Adidas" построила в 2012 году самый большой в

мире собственный логистический центр в Германии в области г. Фехта. На объекте укладывали плитку толщиной 10 см (рис. 2.4.).

2. 2. Преимущества применения

Бетонные камни мощения для дорожных покрытий высоконагруженных территорий стали активно применяться зарубежом в середине 80-х годов, а в нашей стране с конца 90-х годов. В отечественной практике строительства, в качестве дорожных покрытий контейнерных терминалов и портовых территорий, как правило, до недавнего времени применялись только сборные железобетонные, монолитные бетонные или асфальтобетонные покрытия.

Асфальтобетонные покрытия, особенно в летний период, когда температура наружного воздуха может быть высокой, деформируются под воздействием тяжелой нагрузки от колес погрузчиков и контейнеровозов. В результате на покрытии образуются продольные борозды различной глубины, препятствующие нормальной работе погрузочной техники и движению автотранспорта. Эксплуатирующие службы вынуждены периодически осуществлять фрезерование с последующим



Рис. 2.5. Разрушение покрытия из сборных железобетонных плит.

устройством новых слоев покрытия. В последнее время, применяется крупнозернистый (дренирующий) асфальт с последующим композитным покрытием, например, "Конфальт" или "Densifalt". Однако, устройство таких видов покрытий и их последующий ремонт обходится значительно дороже мощения.

Одним из существенных недостатков дорожных покрытий из крупноразмерных железобетонных плит является образование уступов между соседними плитами в процессе эксплуатации (рис.2.5). Это происходит вследствие затруднения обеспечения плотного

контакта основания плит с подстилающим грунтом при их укладке. Ровность и сплошность покрытия нарушаются, что также отрицательно сказывается на работе погрузочной техники. Нередки случаи повреждения покрышек колес погрузчиков о выступающие углы или арматуру бетонных плит. Поэтому, требуются периодические перекладки плит, задув песка между основанием плиты и грунтом, а также ряд других дорогостоящих мероприятий.

Монолитные железобетонные покрытия рекомендуется применять при наличии в основании непросадочных грунтов - скальных,

крупнообломочных и песчаных крупной и средней крупности [6]. Толщина монолитных железобетонных покрытий зависит от условий нагружения на краю плиты, где прогибы и напряжения существенно больше, чем в центре плиты. Поскольку толщина плиты делается постоянной, то оказывается, что материал в ее центре работает неэффективно, что повышает стоимость конструкции. С другой стороны, вертикальные напряжения от нагрузки по глубине от поверхности покрытия падают довольно быстро, так что требования к прочности материала в каждой точке по глубине могут быть снижены. Бетонная же плита характеризуется постоянными по глубине высокими прочностными свойствами, которые необходимы в зоне контакта с нагрузкой и

атмосферными воздействиями на поверхности покрытия, а на глубине оказываются избыточными. Применение искусственных камней позволяет применить под ними материалы с менее выдающимися характеристиками и, следовательно, более дешевые. Однако приходится иметь в виду, что деформативные характеристики покрытия с искусственными камнями в принципе должны быть не хуже, чем у покрытия с монолитной бетонной плитой. Это приводит к необходимости использовать довольно мощное многослойное основание, у которого характеристики слоев снижаются в зависимости от глубины их расположения [1].

Монолитные железобетонные покрытия из-за нарушений в технологии производства



Рис.2.6. Шелушение монолитных железобетонных покрытий.

работ или применения некачественного бетона могут шелушиться в процессе эксплуатации с последующим разрушением (рис. 2.6). Исправление такого дефекта - очень трудоемкий и затратный процесс, который не гарантирует положительный результат.

Надо иметь в виду, что асфальтобетонные, монолитные и сборные железобетонные покрытия требуют при строительстве и ремонте применения специальной строительной дорожной техники: асфальто- и

бетоноукладчиков, дорожных катков и виброреек, автокранов и др. Такие работы производятся специализированными профильными компаниями. Это значительно усложняет строительство, требует больших площадей при организации ремонта и ремонт таких покрытий. Собственник несет большие экономические потери в связи с не использованием складских контейнерных площадок во время их ремонта.

Искусственные камни мощения, в отличие

от других материалов дорожных покрытий могут быть многократно использованы. Мелкоштучные элементы легко снимаются при прокладке или ремонте инженерных сетей и так же легко устанавливаются обратно. При этом не требуется каких-либо специальных машин и механизмов.

Как отмечается в ряде научно-исследовательских работ (см. Глава 5), относительно небольшие элементы блочных дорожных покрытий более плавно огибают неровности подстилающего основания не только при монтаже покрытия, но и входе его эксплуатации. Изгибающие моменты в них

значительно ниже, чем в покрытиях из крупногабаритных плит, нет "выплесков" материала основания из пазух в зонах швов, что обеспечивает им большую работоспособность. Поэтому, блочные дорожные покрытия рекомендуется устраивать при наличии в основании глинистых, илистых, торфянистых или других слабых просадочных грунтов толщиной более 0,5 м, с модулем деформации менее 5 МПа [6].

Некоторые основные характеристики дорожных покрытий из искусственных камней приведены в табл. 2.3.

Табл. 2.3. Основные характеристики дорожных покрытий из искусственных камней мощения

Показатели	Характеристика
Несущая способность (восприятие внешних нагрузок)	Несущая способность дорожных покрытий из плит/камней мощения не зависит от температуры окружающего воздуха.
Технологичность строительства	Мощение может выполняться вручную, а также с применением механизированных профилировщиков основания и укладчиков. Производительность механизированной укладки до 1 200 кв. м. в смену. Работы по мощению могут выполняться в осенний период, когда имеются колебания дневных температур и трудно обеспечить качество работ по бетонированию или асфальтированию.
Ремонтопригодность	Камни мощения могут многократно использоваться (покрытие разбирается и восстанавливается обратно при прокладке и обслуживании подземных коммуникаций). Замена камней и восстановление покрытия не требует применения специальных машин и оборудования. Возможно выполнять ремонт на небольших участках. При необходимости движение по ремонтируемому участку может быть быстро открыто.
Экологичность	Бетон не выделяет в атмосферу вредных веществ.
Эстетический вид	Применение камней мощения разнообразных цветов позволяет выполнить визуальное зонирование пространства (обозначить разметку, направления движения), сформировать определенный зрительный образ территории.

2.3. Экономическое обоснование

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

На практике такое количество факторов затрудняет выбор типа дорожной одежды или дорожного покрытия, наиболее пригодного в данных условиях. Это относится и к случаям, когда надо обосновать применение мощения в качестве дорожных покрытий промышленных территорий. Поэтому, для наглядной оценки экономической эффективности предлагается использовать такой показатель, как годовой размер дорожных расходов D .

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:

$$D=[A \times p + B + (A - O)r]I,$$

где A - стоимость первоначального устройства дорожного покрытия (руб./м²);
 p - процент отчисления на расширенное воспроизводство;
 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.

Результаты расчета дорожных расходов для различных видов дорожных покрытий приведены в табл. 2.4. В таблице указаны значения параметров, которые могут изменяться в зависимости от договорных условий строительства и эксплуатации, текущих цен на строительные материалы, местных условий строительства и других факторов.

Таблица 2.4. Дорожные расходы на 1 кв. м.

Дорожное покрытие	A руб./м ²	p %	$A \times p$ руб./м ²	B руб./м ²	O руб./м ²	$A - O$ руб./м ²	n лет	r	$(A - O)r$ руб./м ²	D руб.
Мощение	1500	0,06	135	550	800	700	5	0,2	140	825
Асфальт	1200	0,06	72	750	0	1200	5	0,2	240	1065
Железобетонные плиты (ПАГ)	2400	0,06	144	650	1000	1400	5	0,2	280	1074

В рассмотренном примере полагалось, что сроки службы дорожных покрытий равны и составляют 5 лет. Средняя годовая стоимость ремонта и содержания мощеных покрытий принята несколько меньше, чем асфальтовых и покрытий из плит ПАГ. Мощение допускает быстрое и легкое исправление, при этом камни могут быть использованы повторно. После вскрытия асфальтовое покрытие (как впрочем и монолитное железобетонное) не может быть

использовано.

Выполненные расчеты показывают, что мощеные дорожные покрытия при стоимости их первоначального устройства на 25 % больше, чем асфальтобетонных, имеют меньший дорожный расход (См. график на стр. 13). Это говорит о том, что применение мощения в долгосрочной перспективе оправдывает себя. Стоимость устройства покрытий из сборных железобетонных плит

ПАГ, их последующего содержания и ремонта выше, чем у мощения.

Как видно из расчетов, существенное влияние на дорожные расходы оказывают:

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

Поэтому, особенно важно для достижения экономического эффекта правильно производить работы по вскрытию и восстановлению мощеных покрытий. При производстве вскрытий дорожных покрытий из

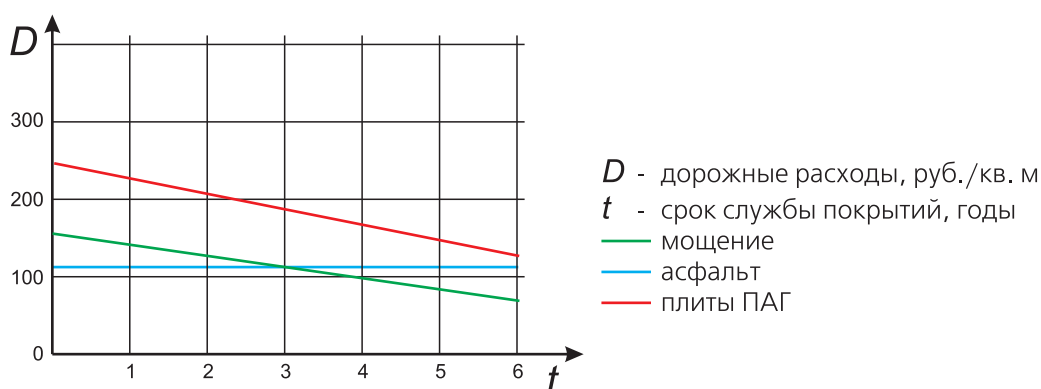
камней мощения для ремонта и прокладки подземных сооружений следить за тщательной разборкой покрытия без раскалывания отдельных камней, которые затем не должны сваливаться в кучу, а складываться в правильные штабели. Надо стремиться к максимальному использованию старых камней, предварительно очистив их поверхности от песка, раствора и других загрязнений.

Технико-экономические показатели дорожных покрытий для портов и логистических терминалов из работы [6] приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5. Технико-экономические показатели дорожных покрытий для портов и логистических терминалов.

Вид покрытия	Относительная стоимость, %	Проектный срок службы, лет		Трудоемкость и материалаемкость капремонта в % от начальной стоимости
		Общий	До капитального ремонта	
Блочные (из искусственных камней мощения)	95	25	10	20
Монолитные железобетонные	130	15	10	75
Сборные железобетонные	155	20	10	30
Асфальтобетонные				
- на цементно-бетонном основании;	94	15	10	50
- на щебеночном основании;	92	7	5	75

Зависимость размера дорожных расходов от срока службы покрытий



2. 4. Особенности дорожных покрытий из камней мощения

Дорожные покрытия из искусственных камней мощения характеризуются большой протяженностью швов. Элементы мощения в дорожном покрытии не имеют между собой жестких связей и удерживаются в покрытии посредством трения между боковыми гранями, которое передается материалом заполнителя, находящимся в швах между ними, и позволяет им замкнуться и распределить вертикальные нагрузки на более широкую зону, чем зона приложения нагрузки. Масса каждого камня в отдельности по отношению к нагрузке даже от самой незначительной нагрузки настолько мала, что они могут быть устойчивыми в покрытии только благодаря взаимному влиянию друг на друга. Поэтому, особенно большое влияние на совместность работы блоков в покрытии имеют величина, характер и полнота заполнения швов.

Как правило, искусственные камни изготавливаются с выступами на боковых гранях для обеспечения минимальной ширины шва 3-5 мм. В качестве материала заполнителя швов в дорожных покрытиях из искусственных камней могут применяться:

- мелкий песок (природный песок, дробленый песок или смеси различных видов песка по ГОСТ 8736 со степенью неоднородности не более 10 и содержащий не более 10% зерен размером более 5 мм при отсутствии зерен крупнее 10 мм);

- мелкий песок, с последующей обработкой составами на основе полиуретана (стабилизаторами песка, например Resiblock, www.resiblock.com).

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

Песок со временем вымывается из швов, выдавливается и выносится из швов под воздействием движения и при уборке покрытия. Стабилизаторы песка предотвращают эрозию песка из швов, а также снижают проницаемость песка, что может быть актуально для территорий, где возможно попадание горюче-смазочных и других загрязняющих материалов в значительных количествах. Применение стабилизаторов песка описано в разделе 3.3.

Для обеспечения требуемых эксплуатационных показателей дорожных покрытий из искусственных камней следует:

- 1) стремиться к уменьшению количества и

протяженности швов за счет применения оптимальных форм камней мощения, таких как "Eskoo-Six". Дополнительная информация по швам и раскладкам камней мощения приведена в главе 5.;

- 2) следить за тщательным заполнением швов на этапах строительства и эксплуатации. В незаполненных швах может скапливаться пыль, грязь, посторонние предметы и мелкие камни, которые служат концентратором напряжений от внешних нагрузок.

Края мощения должны быть закреплены, например, бетонными бортовыми камнями. Необходимо следить, чтобы материал выравнивающего (монтажного) слоя каким-либо образом не выносился в ливневую систему или в зазоры между бортовыми камнями. Швы между бортовыми камнями должны быть тщательно заделаны.

Поперечный уклон для дорожных покрытий из искусственных камней мощения на базе 0,5 м должен быть не менее 2,5 мм.

Предпочтительно использовать линейный водоотвод. Линейный водоотвод:

- упрощает механизированную укладку камней;

- исключает возможное разрушение граней камней, выступающих из-за перелома плоскостей мощения, как это происходит в случае организации точечного водоотвода;

- облегчает уход за покрытием и процесс обработки грузов.



Дорожное покрытие из камней мощения характеризуется большой протяженностью швов, которые должны быть тщательно заполнены

3.1. Зарубежный опыт строительства

За рубежом, дорожные покрытия многих складских терминалов и портов выполняются из мелкоштучных блоков. Например, только в 2008 году выполнено мощение портовых территорий в городах Бандар-Аббас (Иран, 400 000 м. кв), Лавик в Норвегии (60 000 м. кв), Фуджейра (Объединенные Арабские Эмираты, 210 000 кв. м), контейнерного

терминала в Словакии (65 000 м. кв) и других (по данным компании "OPTIMAS"; www.optimas.de).

Ниже приведены некоторые фотографии зарубежных промышленных территорий, портовых и складских терминалов, дорожные покрытия которых выполнены из искусственных камней мощения (рис. 3.1-3.8.).



Рис. 3.1. Терминал Бременской логистической группы ("БЛГ Логистик"), г. Бремен (Германия). Время эксплуатации мощения – 30 лет.

ПРИМЕЧАНИЕ. Фото (рис. 3.1-3.3.) предоставлены директором проектов компании ООО "Морстройтехнология" (г. Санкт-Петербург) Александром Ивановичем Богуном. Снимки сделаны в 2010 году в деловой поездке по изучению опыта строительства и эксплуатации контейнерных терминалов в Германии и Нидерландах



Рис.3.2. Терминал Бременской логистической группы ("БЛГ Логистик"), г. Бремен (Германия). Время эксплуатации мощения – 30 лет.



Рис.3.3 Терминал Бременской логистической группы ("БЛГ Логистик"), г. Бремен (Германия). Время эксплуатации мощения – 30 лет.



Рис. 3. 4. Мощение в контейнерного терминала Мууга в порту Мууга (Эстония), 2006 г.
Фото предоставлено представителем компании "OPTIMAS".



Рис. 3.5. База для перегрузки контейнеров в Чехии (2008 г., 80 000 кв. м)
Фото предоставлено компанией Optimas.



Рис. 3.6. Порт Бахрейн (2007 г, 200 000 кв. м). Фото Kerry Evans.



Рис. 3.7. Площадка для складирования и перевалки удобрений (Китай).
Для устройства покрытий применяется сульфатостойкий камень мощения.



Рис. 3.8. Мощение на площадке завода производителя строительных машин и оборудования "Kraemer Baumaschinen" обеспечивает движение техники на гусеницах с грунтозацепами.
Мощение выполнено в 2011 году на площади 2 000 кв.м.
(фото с сайта www.korodur.de).

3.2. Опыт проектирования и строительства в Санкт-Петербурге

3.2.1. Портовый терминал ОАО "Петролеспорт"

ОАО "Петролеспорт" - мощный производственно-технологический комплекс, обеспечивающий приём, разгрузку, хранение, транспортно - экспедиторское обслуживание, обработку различных видов грузов, включая контейнеры. Территория порта: более 124 Га. Площадь для открытого хранения грузов: более 730 000 кв. м

ОАО "Петролеспорт" первый в Санкт-Петербурге терминал, где для устройства дорожных покрытий стали применяться

искусственные камни мощения. В конце 90-х годов, при реконструкции одного из причалов, использовались искусственные камни изготовленные по специальной рецептуре. В 2006 году при реконструкции порта руководство компании, глядя на собственный положительный опыт эксплуатации мощения и на опыт зарубежных коллег, стало рассматривать возможность применения мелкоштучных элементов для устройства дорожных покрытий.

ПАСПОРТ ОБЪЕКТА

"Мощение дорожных покрытий контейнерного терминала ОАО "Петролеспорт"

Сроки реализации проекта: 2007 - 2013 гг.

Заказчик: ОАО "Петролеспорт".

Проектировщик: ОАО "Ленморниипроект".

Площадь дорожных покрытий из искусственных камней мощения свыше 300 000 м. кв.

ГРУНТОВЫЕ УСЛОВИЯ (СВЕРХУ-ВНИЗ)

1. Насыпной (намывной) грунт: пылеватые пески (с включением строительного мусора, объем включений не указывался) с углом внутреннего трения 24 градуса и внутренним сцеплением $c=0$ МПа на глубину активной зоны (рабочего слоя) верха земляного полотна. Мощность слоя 1-2,3 м. На отдельных участках, в верхней части земляного полотна - илы глинистые с углом внутреннего трения 1 градус и внутренним сцеплением $c=1$ МПа. Мощность слоя 1-1,5 м.

2. Ниже располагаются глины ленточные. Мощность слоя 0-5,7 м, под которыми расположены суглинки общей мощностью слоя 0,9-4,3 м.

НАГРУЗКИ

Нагрузка от фронтальных погрузчиков - 99 т/ось;

Нагрузка от контейнерных перегружателей на пневмоходу - 16,2 т на колесо.

В 2006 году кафедрой Автомобильные дороги Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, по заказу ОАО "Ленстройдеталь" разработаны рекомендации по устройству дорожных покрытий из искусственных камней мощения для территории ОАО "Петролеспорт" [1]. В работе содержатся варианты дорожных конструкций, указания по технологии производства работ и контролю качества. Разработанные конструкции имеют покрытие из

искусственных камней мощения, долговечность которых по сравнению с покрытиями из асфальтобетона в сходных условиях эксплуатации выше и составляет не менее 3 лет до среднего ремонта. Все конструкции включают основание из тощего бетона В 15 (марка М200). Пример дорожной конструкции для зон движения фронтальных погрузчиков (99 т/ось) представлен в таблице 3.1.

Табл. 3.1

**Конструкция дорожного покрытия из искусственных
каменных мощения для зон движения фронтальных погрузчиков.**

Материал слоя	Толщина слоя, см
Искусственные камни прямоугольные в плане с вертикальными боковыми гранями	12(10 ¹)
Выравнивающий слой из песка средней крупности	4 ²
Верхний слой основания из бетона В 15 (марка М200)	25
Второй слой основания из щебня, укрепленного цементом марки не ниже 75	30
Третий слой основания из фракционированного щебня, уложенного по способу заклинки	32
Разделяющая прослойка из геосинтетического полотна	-
Дополнительный морозозащитный слой основания из песка средней крупности	35
Грунт рабочего слоя - песок пылеватый	-

ПРИМЕЧАНИЯ:

¹⁾ Рекомендуемая толщина камней 12 см. Допускаемая - 10 см.

²⁾ Средняя толщина слоя для расчета расхода материалов - 4 см. Минимальная толщина слоя, используемая в расчете прогибов - 3 см.

Альтернативный вариант дорожной конструкции (без слоя из тощего бетона) разработало ОАО "Ленморниипроект" (рис.3.9). Этот вариант и был принят заказчиком для реализации.

Процесс выполнения работ по мощению показан на рис. 3.10.

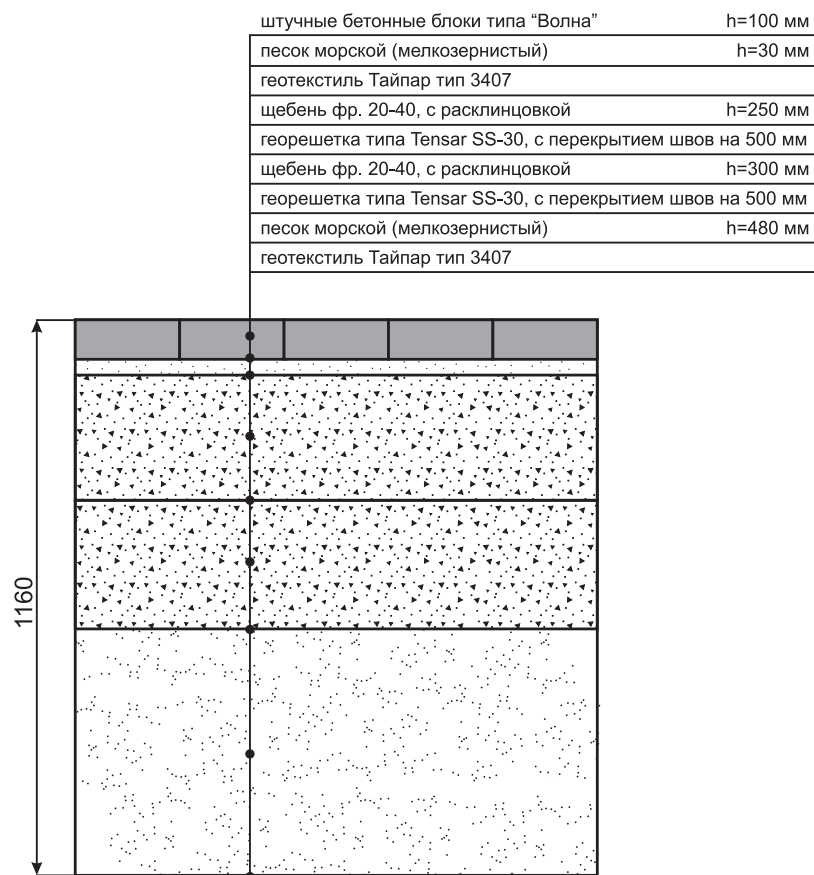


Рис.3.9.

**Дорожная конструкция на контейнерном терминале
ОАО "Петролеспорт".**



Подготовка основания



Дорожная конструкция



Процесс мощения



Процесс мощения



Устройство колодцев ливневой канализации



Исправление дефектов укладки



Готовое дорожное покрытие



Готовое дорожное покрытие

Рис. 3.9.

Мощение территории ОАО "Петролеспорт".

3.2.2. Многопрофильный перегрузочный комплекс "ЮГ-2" в порту Усть-Луга"

Многопрофильный перегрузочный комплекс (МПК) "ЮГ-2" предназначен для перевалки накатных грузов, контейнерных и генеральных грузов. Общая площадь МПК "ЮГ-2" - 97,8 га.

ПАСПОРТ ОБЪЕКТА

"Мощение дорожных покрытий многопрофильного перегрузочного комплекса "ЮГ-2"

Сроки реализации проекта: 2009-2010 г.

Заказчик: ОАО "Компания Усть-Луга".

Проектировщик: ГТ "Морстрой".

Расчет дорожных конструкций выполнен с участием компании ООО "АзьПроектСтрой".

Площадь дорожных покрытий: 42 320 кв. м.

ГРУНТОВЫЕ УСЛОВИЯ (СВЕРХУ-ВНИЗ)

1. Насыпной (намывной) грунт: песок пылеватый серый, средней плотности, влажный (с глубины 1,0 м - водонасыщенный); абсолютная отметка подошвы слоя: 0,9 м;
2. Супесь песчанистая серая, пластичная, с включениями гравия, гальки, дресвы, щебня до 15-20 %; абсолютная отметка подошвы слоя: - 1,9 м;
3. Песок мелкий до пылеватого коричневого (с глубины 7,7 м - серовато-коричневый), средней плотности до плотного, водонасыщенный; абсолютная отметка подошвы слоя: -13,1;
4. Суглинок легкий пылеватый серый, твердый, с прослоями песка мелкого коричневатого-серого, плотного, с глубины 18,5 - с включениями гравия, гальки до 10-15 %; абсолютная отметка подошвы слоя: -22,6 м.

НАГРУЗКИ

В качестве расчетных приняты нагрузки от ричстакера (нагрузка на ось 106, 7 т) и 5 ярусов контейнеров (40 фут.).

Первоначально проектная организация ГТ "Морстрой" предлагала заказчику традиционное монолитное железобетонное покрытие (рис. 3.11).

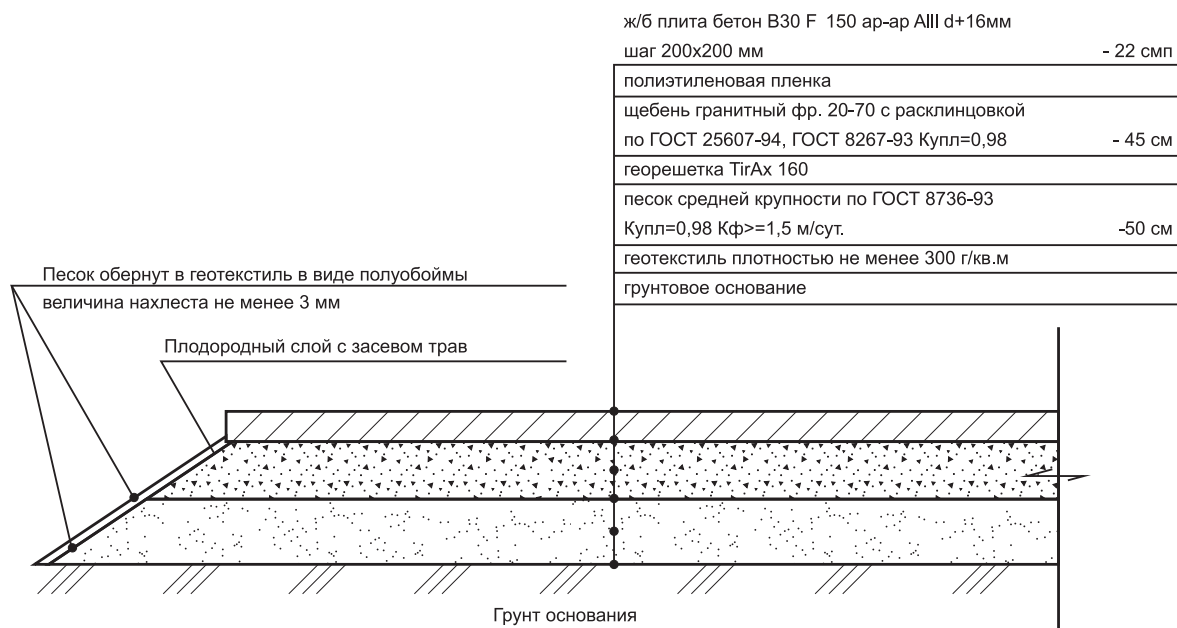


Рис. 3.11. Проектируемое монолитное железобетонное покрытие.

Компанией ОАО "Ленстройдеталь" была проведена большая ознакомительная работа по дорожным покрытиям из искусственных камней мощения с технической службой заказчика и проектировщиками. На

рассмотрение была предложена дорожная конструкция с покрытием из искусственных камней мощения, расчет которой выполнило ООО "АзъПроектСтрой" (табл. 3.2).

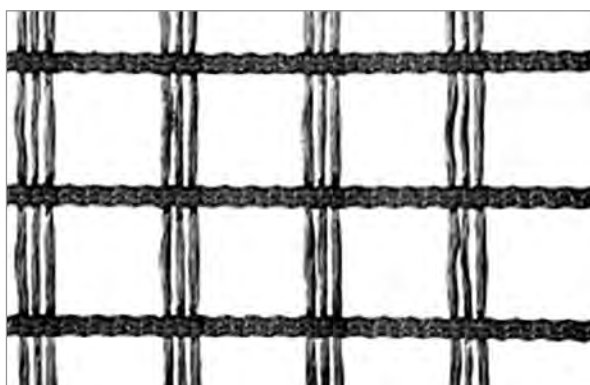
Таблица 3.2

Конструкция дорожной одежды

Материал слоя	Толщина слоя, см
Искусственные камни мощения тип "Волна "UNI" 1Ф.10 (225*112,5*100 мм; 112,5*112,5*100 мм)	10
Гранитный отсев	5
Щебень гранитный фр. 40-80 мм с заклиной фракционированным мелким щебнем, $K_u=0,98$	25
Двухосная георешетка "ПолиЭф 40/40"	-
Щебень гранитный фр. 40-80 мм с заклиной фракционированным мелким щебнем, $K_u=0,98$	25
Двухосная георешетка "ПолиЭф 40/40"	-
Песок средней крупности, содержание пылевато-глинистой фракции: 5%, $K_u=0,98$	35
Геотекстиль "Миакон ИП-300"	-
Грунт основания: насыпные грунты, $K_u=0,95$	

Определяющими факторами в выборе заказчиком дорожного покрытия из искусственных камней мощения были: высокая ремонтпригодность, стоимость и сроки строительства.

Мощение выполнялось на готовое щебеночное основание механизированным укладчиком компании "Optimas". Основание под мощение выполнялось с помощью планировочного рубанка "Probst" (рис.3.12).



Полиэфирная геосетка "ПолиЭф"



Геотекстиль "Миакон-ИП"



Строительная площадка перед началом работ



Общий вид площадки после завершения работ



Применение телескопического рубанка фирмы "PROBST" для подготовки основания



Устройство монтажного слоя асфальтоукладчиком



Процесс укладки камней с помощью машины "OPTIMAS"



Примыкание мощения к монолитному железобетонному покрытию



Щетки для прометания швов (навесное оборудование к машине OPTIMAS).



Ливневый колодец

3.2.3 Логистический центр Корпорации "Стерх" в Осиновой Роще

В 2007 году Корпорация "Стерх" открыла логистический центр в Осиновой роще, предоставляющий весь комплекс услуг по хранению и обработке грузов. На территории комплекса расположены: склад ответственного хранения; административные и офисные помещения; площадки для хранения автотранспорта; контейнерная площадка и

другие объекты. Программой развития терминала предусматривается возведение логистических складов категорий "А" и "В" общей площадью более 110 000 тыс. м².

Первоначально на первой очереди терминала было выполнено дорожное покрытие из монолитного железобетона.

ПАСПОРТ ОБЪЕКТА

"Мощение дорожных покрытий логистического склада Корпорации "Стерх" в Осиновой роще"

Сроки реализации: 2011 г.

Заказчик: Корпорация "Стерх".

Расчет дорожной конструкции выполнен ООО "АзьПроектСтрой".

Площадь дорожных покрытий: 20 000 м. кв.(1 очередь).

ГРУНТОВЫЕ УСЛОВИЯ (СВЕРХУ-ВНИЗ)

К особенностям инженерно-геологических условий участка строительства относится наличие на территории проектируемой площадки тиксотропных грунтов:

- Пески пылеватые (ИГЭ 2), супеси пылеватые пластичные (ИГЭ 4) (при нарушении естественного сложения, при динамическом воздействии теряют структурную прочность, переходят в плавунное состояние, резко снижая при этом значения своих прочностных и деформационных характеристик);
- Суглинки мягкопластичные (ИГЭ 5) - тиксотропные при нарушении естественного сложения, при динамическом воздействии резко снижают прочностные и деформационные характеристики.

По степени пучинистости при замерзании, в соответствии с СНиП 2.05.02-85, пески пылеватые и мелкие (ИГЭ 2,3), супеси пылеватые (ИГЭ 4) относятся к IV группе - сильнопучинистым, суглинки легкие пылеватые (ИГЭ 5) относятся к V группе - чрезмернопучинистым грунтам.

НАГРУЗКИ

В качестве расчетных приняты нагрузки от ричстакера (нагрузка на ось 106, 7 т) и 5 ярусов контейнеров. Нагрузка, передаваемая на фитинг контейнера типа 1А ГОСТ 20259-80 составляет 263 кН (26, 3 тс).

Таблица 3.3

Конструкция дорожной одежды

Материал слоя	Толщина слоя, см
Искусственные камни мощения "Eskoo-Six"	110
Технологический слой: гранитный отсев фракции 0—5, либо пескоцемент	≤5
Щебень гранитный М 1000?1200 фр. 25-60, либо 40-70 с заклинкой фракционированным мелким щебнем, $K_{\gamma} \geq 0,98$	65
Геосетка Fornit 40/40	-
Песок средней крупности, содержание пылевато-глинистой фракции $\leq 5\%$, $K_f > 3$ м/сутки, $K_{\gamma} \geq 0,98$	30
Геотекстиль Tyvar SF40	-
Геомембрана Тefonд НР	-
Грунт основания, $K_{\gamma} \geq 0,95$	-



Выполнение работ по устройству покрытия



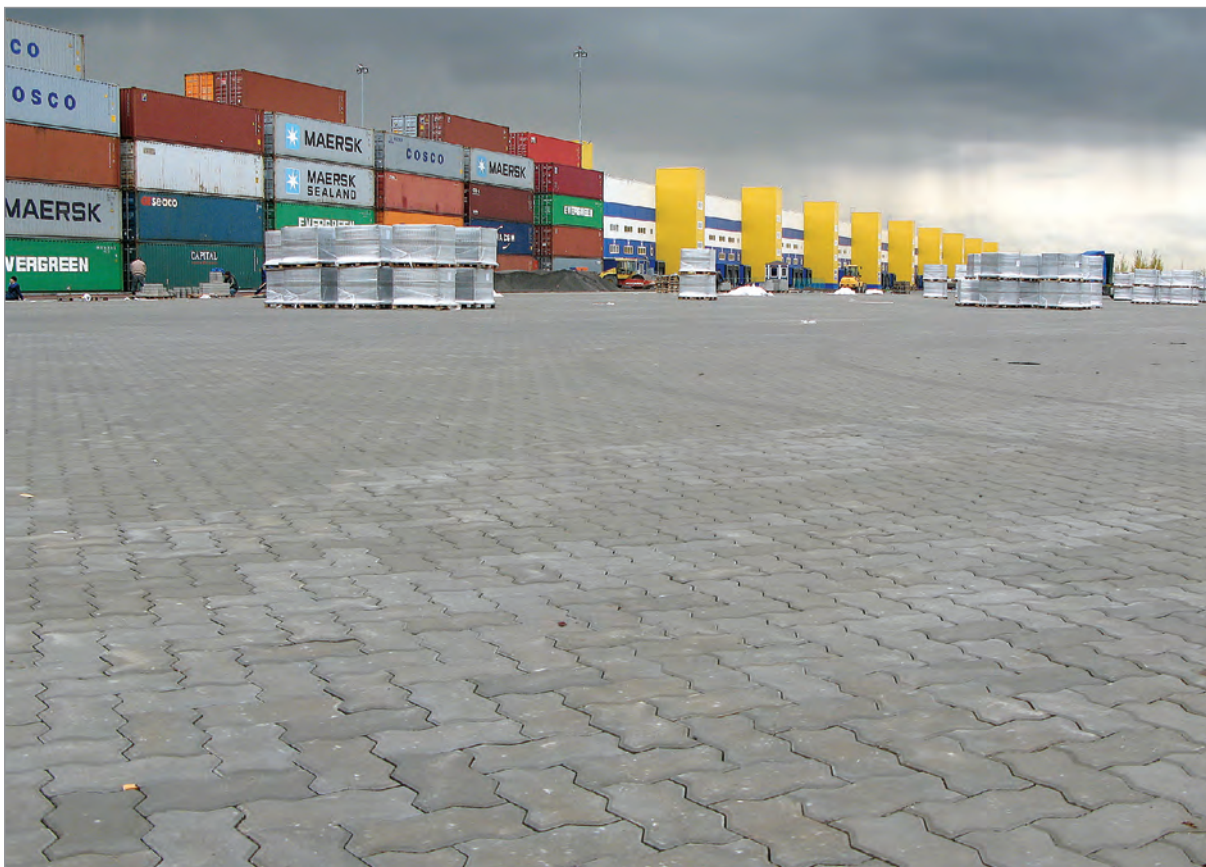
Выполнение работ по устройству покрытия



Устройство водосборного лотка



Закрепление краев мощения с помощью полимерного материала



Общий вид дорожного покрытия. Мощение выполнено "елочкой 45 градусов" по оси движения. Результат – равномерный износ покрытия, меньший износ покрышек перегрузочной техники

Рис. 3.13. Мощение контейнерного терминала "Осиновая роща".

Аргументы, которые были приняты заказчиком во внимание и повлияли на его положительное решение о применении мощения в качестве дорожного покрытия терминала:

-хорошая ремонтпригодность мощения (для ремонта не требуется специальной техники и оборудования)

-дешевле, чем монолитные железобетонные покрытия;

-сроки производства работ - осень, когда качественное строительство монолитного железобетонного покрытия может быть затруднительно в связи с погодными условиями.

Фото мощения терминала представлены на рис. 3.13.

3.2.4. Контейнерный терминал автомобильного завода "TOYOTA"

В 2012 году группа компаний "Ленстройдеталь" выполнила мощение терминала завода "Тойота" площадью 34 000 кв. м. При мощении применялась прогрессивная форма камня "Eskoo-Six" (4Ф.10 "Трилистник"). Это первый объект, когда Заказчик строительства - иностранная

компания, запросила у поставщика камней письмо о том, что данная конструкция формы не является предметом изобретения (класс E01C5/06 по международной патентной классификации). Конструкция дорожной одежды приведена в табл. 3.4., фото мощения - на рис. 3.14.

Таблица 3.4 Конструкция дорожной одежды

Материал слоя	Толщина слоя, см
Искусственные камни мощения 4Ф10 "Трилистник" ("Eskoo-Six"), B35, F300	10
Гранитный отсеб, фр. 0-5 мм, ГОСТ 8736-93	3-5
Щебень гранитный М 1000-1200, фр. 40-70 мм с расклинцовкой фракционированным мелким щебнем, $K_u=0,98^*$	35
Геосетка Fornit 40/40	-
Щебень гранитный М 1000, фр. 40-70 мм с расклинцовкой фракционированным мелким щебнем, $K_u=0,98^*$	35
Геосетка Fornit 30/30	-
Песок средней крупности, $K_f \geq 3$ м/сут, $K_u=0,98$	40
Геотекстиль Taupar SF 40	-
Грунт основания, $K_f \geq 0.95$ на глубину не менее 0,5 м	-

ПРИМЕЧАНИЕ. Слои из щебня были заменены щебеночно-гравийной смесью.

Применение данной конструкции на объекте строительства вызвано следующими объективными причинами:

1. Опыт применения на подобных объектах.
 2. Сложными инженерно-геологическими условиями (наличие грунтов с низкими физико-механическими характеристиками, высокий уровень грунтовых вод).
 3. Воздействием высоких нагрузок от 5 ярусного хранения контейнеров и перегрузочного оборудования с телескопической стрелой типа DRF 450 65s5 грузоподъемностью 45 т.
 4. Технологичностью устройства покрытия:
- слабо влияют погодные условия (осадки);

- не требуется ухода за твердением бетона;
 - устройство покрытия (конструкции дорожной одежды) без изменения толщин верхнего слоя.
5. Достаточно высокой прочностью на сжатие (B35), морозоустойчивостью (F 300) и устойчивостью к воздействию ГСМ, противогололедных средств.
 6. Эксплуатационной пригодностью. При ремонте не требуется специальное оборудование, высококвалифицированный труд.
 7. Экологичностью.
 8. Возможностью складирования контейнеров в любой зоне контейнерной площадки.



Слои основания дорожной одежды



Слои основания дорожной одежды
Устройство выравнивающего (монтажного)
слоя из гранитного отсева
механизированным способом



Машина "Optimas" для механизированного
мощения



Закрепление краев мощения с применением
полимерного состава



Эксплуатация терминала

Рис. 3.14. Мощение контейнерного терминала завода "TOYOTA".

3.2.5 Контейнерный терминал "Восход"

ООО "Восход" является владельцем собственного грузового терминала, на котором располагается контейнерная площадка на 7000 TEUs, крытый и открытый перегрузочный комплекс, склад временного хранения, железнодорожные подъездные пути, а также административное здание, в котором находятся офисные помещения. Ежегодная мощность переработки составляет более 200 000 TEUs.

Дорожные покрытия терминала преимущественно выполнено из плит ПАГ, которые во время эксплуатации стали разрушаться. Руководству терминала надо было найти быстрый и недорогой способ

ремонта дорожных покрытий до начала реконструкции терминала. Решение было найдено в применении мощения. В 2012 году ООО "ЛандшафтДизайн Проект" был выполнен ремонт на площади 150 кв. м. Во время ремонта разрушенные участки дорожного покрытия вскрывались, выполнялась подсыпка мелким щебнем и мощение до отметок существующего покрытия. Отремонтированные по такому способу участки показали хорошие эксплуатационные показатели в течении года эксплуатации (рис. 3.15.). В 2013 году работы по ремонту были продолжены на площади 300 кв. м.



Состояние покрытия до ремонта



Вскрытие дорожного покрытия из плит ПАГ и подсыпка основания мелким щебнем



Отремонтированный участок

Рис. 3.15. Ремонт дорожных покрытий с применением мощения на терминале "Восход".

3.3. Особенности производства работ

Мощение территорий с особо тяжелыми нагрузками на дорожное покрытие выполняется по тем же правилам, что и мощение других территорий. Технологический процесс устройства дорожных покрытий из камней мощения состоит из следующих этапов: устройство слоев основания с уплотнением; устройство монтажного (выравнивающего или подстилающего) слоя; укладка камней/плит; уплотнение; заполнение швов. Однако, учитывая специфику таких территорий: высокую интенсивность нагрузок, большую площадь дорожных покрытий, сжатые сроки строительства, следует особо тщательно подходить к организации выполнения работ и контролю их качества. При выполнении работ, с целью ускорения строительства рекомендуется использовать специально предназначенные для работ по мощению машины, оборудование и инструмент.

Рассмотрим особенности выполнения каждого этапа работ по устройству дорожного покрытия из камней мощения.

1. Подготовка основания и выравнивающего слоя.

Для подготовки основания и выравнивающего слоя рекомендуется применять машины и оборудование, в которых распределение материала и выравнивание объединены в единый процесс (рис.3.16.). Это позволяет достигать большой производительности и точности высотных отметок. Например, лазерный планировщик "PlanMatic" (производитель компания Optimas

GmbH) навешивается на фронтальный, телескопический или компактный погрузчик. Машина "Power Plan PP" (производитель компания "Probst") представляет собой самодвижущееся шасси. Рабочие органы таких машин имеют высокую износостойкость, тогда как обычные асфальтоукладчики распределяют материал за счет ленты или шнека, которые быстро изнашиваются, если планировать щебень или песок.

Выравнивающий (монтажный) слой устраивается с тем же поперечным уклоном, который предусмотрен для поверхности покрытия.

Объем материала слоя должен обеспечивать толщину не менее 3 см и не более 5 см в уплотненном состоянии в любом месте по площади покрытия. Превышение толщины слоя может явиться причиной дополнительных пластических деформаций в ходе эксплуатации.

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

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



Лазерный планировщик "PlanMatic" ("Optimas")



Машина "Power Plan PP" ("Probst")

Рис. 3.16. Машины и оборудование для планировки выравнивающего слоя.

2. Установка бортовых камней.

Устройство упора из бортовых камней выполняется по обычной технологии. Бортовые камни должны быть установлены на бетонное основание по щебеночной подушке. Швы между бортовыми камнями заполняются в два этапа: сначала обмазываются со всех сторон цементным раствором сметанообразной консистенции с отверстием сверху, которое затем заполняется более жидким цементным раствором.

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

3. Мощение.

Для укладки камней мощения в покрытие служат специальные механизированные укладчики. Их производительность, в зависимости от квалификации оператора и организации строительства составляет от 500 до 1200 кв. м. покрытия в смену. В Санкт-Петербурге мощение контейнерных терминалов с применением машины "Optimas" для укладки камней в покрытие осуществляет ОАО "Ленстройдеталь". С ее применением успешно выполнены контейнерные терминалы "ЮГ-2" (порт Усть-Луга) и завода Toyota. Надо учесть, что при механизированной укладке повышаются требования к точности изготовления камней. В частности, разброс по толщине камней не должен превышать 2 мм.

Камни мощения могут иметь различные оттенки одного и того же цвета. Поэтому, во время укладки следует комбинировать камни с нескольких транспортных поддонов для получения равномерного цвета дорожного покрытия.



Перед началом работ по устройству покрытия вручную выкладывается небольшая площадка, куда заезжает укладчик и начинает мощение (рис. 3.17.).



Рис.3.17. Площадка для начала работ механизированного укладчика.

Очень важно после укладки первого ряда камней проверить соответствие укладки предварительной разметки, натянуть направляющий шнур в направлении наращивания рядов, а при сложном рисунке укладки - и в поперечном направлении.

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

Следует строго соблюдать прямой угол пересечения продольных и поперечных рядов, используя теодолит или простейшие инструменты (оптический зеркальный экер, длинный шнур-петлю с 12 узлами на равном расстоянии, треугольник со сторонами 3, 4 и 5 - и т.п.). Точность соблюдения угла следует проверять через каждые 1-3 м укладки покрытия. Дефекты укладки вызванные несоблюдением прямого угла и нарушением ровности рядов исправляются с большим трудом (рис.3.18.).



Рис. 3.18. Исправление дефектов мощения, вызванных несоблюдением прямого угла пересечения продольных и поперечных рядов.

Для контроля укладки может применяться алюминиевый угол AW ("Probst", рис. 3.19).



Рис. 3.19.
Складной
алюминиевый угол
для выставления
углов.

Для выравнивания уложенных камней при механизированной укладке до их окончательной просадки применяется резиновый молоток (рис.3.20.).



Рис.3.20. Резиновый молоток для
выравнивания уложенных рядов.

Применение лома для выравнивания камней мощения и клещевого захвата для извлечения камней из покрытия (рис.3.21.), в отличие от универсального строительного инструмента (обычного лома, гвоздодеров и т. п.) не повреждает грани камней. Рабочие наконечники этих инструментов имеют размеры адаптированные к зазору (шву) между камнями.



Рис.3.21. Клещевой захват для укладки.

После укладки камней в покрытие следует прочно посадить их на место с помощью

кратковременной вибрации ручной виброплитой.

Предварительную посадку следует производить от краев покрытия к середине. Необходимо помнить, что вибропосадка должна быть произведена до занятия камнями прочного устойчивого положения. Использование виброкатков для посадки не рекомендуется. Также с осторожностью надо использовать тяжелую виброплиту из-за светлых продольных полос на покрытии, образующихся на покрытии и соответствующих пути перемещения виброплиты. При образовании таких полос вибропосадку следует немедленно прекратить и сменить виброплиту на виброплиту меньшей массы.

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

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

Недопустимо подвергать вибропосадке покрытие, устанавливая виброплиту:

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

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

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

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

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

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

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

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

Расход материала зависит от размеров и формы камней и вида самого материала. Приблизительно его можно определить по формуле

$$P = N_{\text{к}} \times \Pi \times h_{\text{ик}} \times 0,3,$$

где **P** - расход материала м³ на 100 м²;

N_к - число камней на 1 м²;

Π - периметр в плане камня
основного размера, м;

h_{ик} - высота камня.

Окончательную посадку камней следует производить с помощью ручной виброплиты, по возможности в сухую погоду, до прекращения видимых осадок камней. Для посадки камней используется ручная виброплита с возмущающей силой менее 20 кН.

После окончательной посадки необходимо снова заделать швы. Не следует оставлять излишний песок на покрытии, так он является источником пыли и загрязнения.

При применении стабилизатора песка следует (рис.3.22.):

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

2) Убедиться, что нет риска выпадения осадков в ближайшие 8 часов. Материал запрещается наносить на покрытие при температуре ниже 3°C или выше 30°C.

3) Наносить материал на поверхность необходимо с помощью лейки (с

разбрызгивателем). Все излишки материала удаляются с помощью резинового валика

4) Необходимо точно соблюдать указанную производителем дозировку материала при нанесении - для обеспечения стабилизации соединения (обычно 1 литр/2 м²).

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

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

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

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

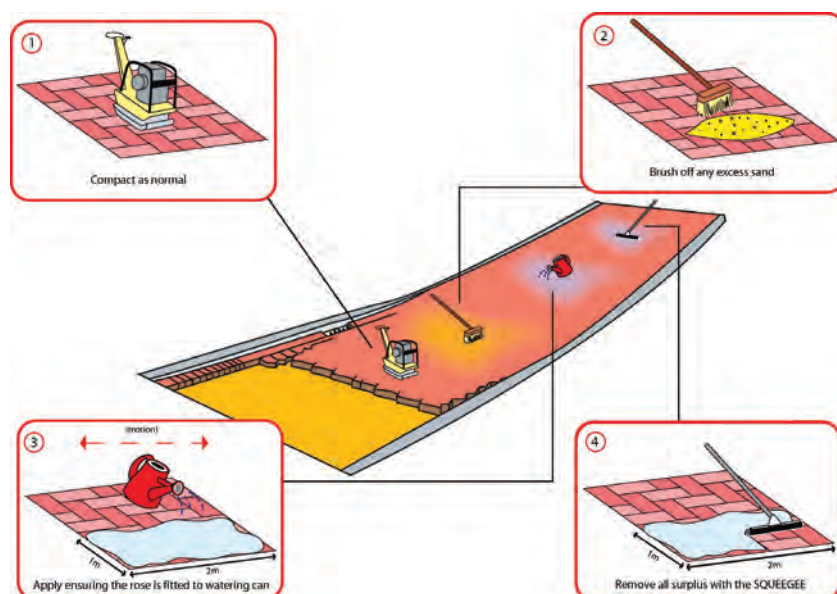


Рис.3.22.
Применение
стабилизатора песка
для швов Resiblock
(www.resiblock.com)

- 1- выполнить просадку плит/каменья;
- 2 -промести швы и удалить излишки песка;
- 3- лейкой с распылителем нанести стабилизатор на покрытие;
- 4 - распределить стабилизатор в швы с помощью резиновой швабры

4. Выполнение примыканий.

При работах по мощению возникает необходимость выполнять примыкания к различным элементам - это могут быть бортовые камни, канализационные и смотровые люки, столбы ограждений, мачт и другие элементы. От качества выполнения примыканий зависит долговечность всего покрытия. Примыкания выполняются путем подрезки камней до необходимых размеров. Неточно подогнанные или плохо закрепленные доборные элементы (части камня после подрезки) под действием внешних нагрузок и деформаций в зоне сопряжения могут потерять устойчивое положение и быть вынесены с дорожного покрытия движущимся транспортом (рис.3.23.). Это может нарушить заклинку соседних камней и способствовать разрушению покрытия на достаточно больших участках.



Рис. 3.23. Неправильное выполнение примыкания мощения к колодцу. Много мелких доборных элементов

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

При устройстве примыканий следует руководствоваться следующими ПРАВИЛАМИ:

- 1) ни один отрезанный кусок не должен

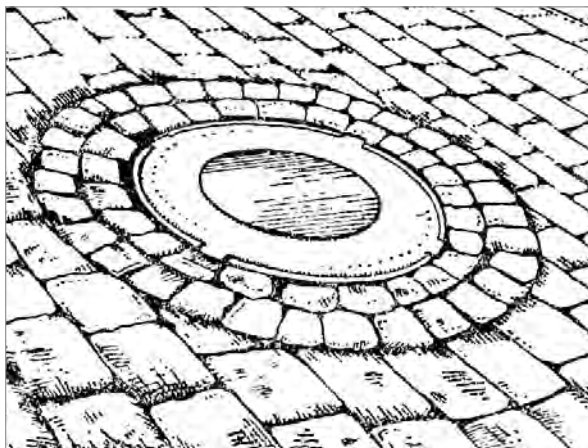
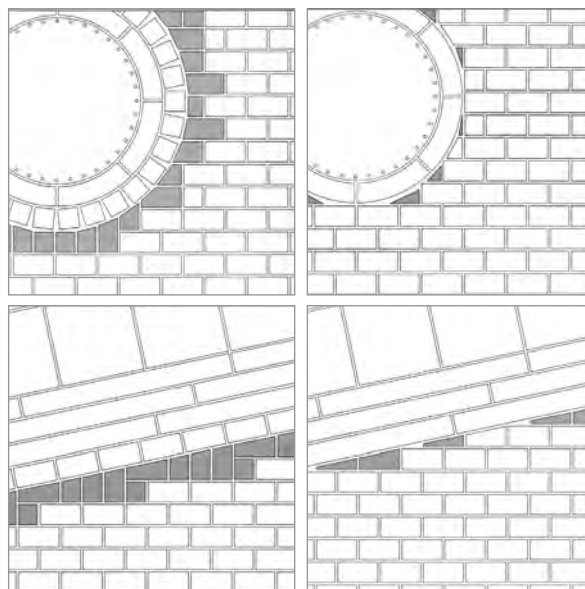


Рис. 3.25. Примыкание мощения к круглым колодцам .

Иллюстрации из книги "Мостовые и тротуары из натурального камня". В.К. Некрасов, 1933 г.



ПРАВИЛЬНО

НЕ ПРАВИЛЬНО

Рис. 3.24. Примеры выполнения примыканий.

быть меньше четверти полноразмерного камня;

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

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

Выполнение выше указанных правил влечет изменения рисунка раскладки в зоне примыкания (рис.3.24.).

Наилучшим способом примыкания мощения к круглым крышкам колодцев является устройство вокруг них специального ряда из естественной или искусственной брусчатки. Устройство такого "венчика" (рис. 3.25.) дает следующие преимущества по сравнению с примыканием впритык поперечных рядов: 1) камни венчика не имеют перевязки с остальными камнями дорожного покрытия, благодаря чему осадка около колодцев отражается только на них, не

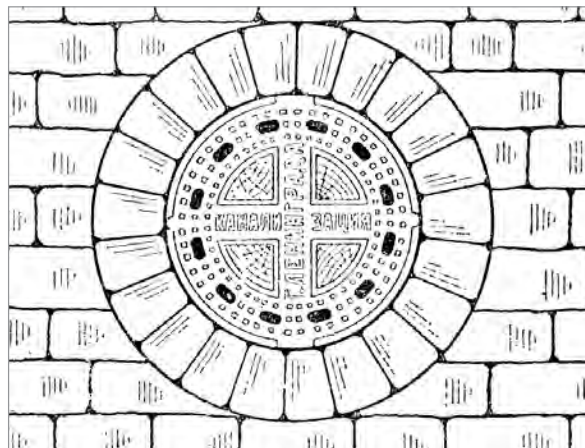




Рис. 3.26. Устройство монолитной железобетонной плиты в зоне колодца.

сказываясь на остальной части мощения, облегчая его восстановление; 2) примыкающие к колодцам камни при открытии крышек ломом имеют большую устойчивость, чем элементы мощения уложенные рядами; 3) большую красоту окаймления. Устройство окаймляющих крышку рядов, кроме того увеличивает диаметр окружности примыкания, что дает более пологие углы доборных камней (см. п.3. Правил устройства примыканий).

С целью уменьшения пиленных стыков и уменьшения деформаций дорожного покрытия в зоне колодцев иногда выполняется монолитная



железобетонная плита (рис.3.26.).

При устройстве примыканий, для резки камней следует применять калиберные резак (гильотины, рис. 3.27.). В отличие от пил с алмазным диском резка камня таким инструментом происходит практически бесшумно и при этом не выделяется пыль, которая пачкаетцевую поверхность мощения. Поэтому, калиберные резак могут быть установлены непосредственно на участках мощения, где необходимо выполнять примыкания, что очень удобно для производства работ.

5. Контроль и приемка работ.

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

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

Состав операций и средства контроля при устройстве дорожных покрытий из искусственных камней мощения приведены в таблице 3.5.



Рис. 3.27. Станок для колки камней.

Табл. 3.5.

**Состав операций и средства контроля при устройстве
дорожных покрытий из камней мощения***

Этапы работ	Контролируемые операции	Контроль (метод, объем)	Документация
Подготовительные работы	ПРОВЕРИТЬ:		Документы о качестве по ГОСТ 13015, сертификаты, общий журнал работ
	- наличие документа о качестве изделия;	Визуальный	
	- внешний вид, соответствие геометрических размеров плит/камней;	Визуальный, измерительный	
	-соответствие уклонов и отметок основания проекту;	Измерительный	
	- выносу разбивочных осей и надежность их крепления;	То же	
	- толщину монтажного (выравнивающего) слоя	То же	
	- ровность монтажного (выравнивающего) слоя	Визуальный	
Устройство покрытия	КОНТРОЛИРОВАТЬ:		Общий журнал работ
	- плотность прилегания камней мощения и бортовых камней к основанию;	Визуальный	
	- вертикальные смещения в швах между камнями и бортовыми камнями;	Измерительный	
	- ширину швов между камнями и бордюрами.	Визуальный, измерительный	
Приемка выполненных работ	КОНТРОЛИРОВАТЬ:		Акт приемки выполненных работ
	- ровность поверхности покрытия;	Измерительный	
	- заполнение швов.	Визуальный	

- Контрольно-измерительный инструмент: нивелир, рулетка, шаблон, рейка.
 - Операционный контроль осуществляют: мастер (прораб), геодезист - в процессе работ.
 - Приемочный контроль осуществляют: мастер (прораб), работники службы качества, геодезист, представители технического надзора заказчика.

*ПРИМЕЧАНИЕ. Таблица выполнена на основе данных из сборника "Схемы операционного контроля качества строительных, ремонтно-строительных и монтажных работ". Общероссийский общественный фонд "Центр качества строительства" Санкт-Петербургское отделение, 2000 г (раздел "Устройство тротуаров и дорожек из плит").

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

При оценке качества работ по устройству покрытия можно ориентироваться на следующие

показатели:

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

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

2) Ровность: максимальный просвет трехметровой рейкой не должен превышать 10 мм. При использовании двухметровой рейки - 6 мм.

3) Величина вертикального уступа между двумя соседними камнями не должна превышать 3 мм.

4) Величина уступов между искусственными камнями и крышками люков колодцев подземных коммуникаций не должна превышать 3 мм.

Контролируемые параметры, их предельные значения и величины отклонений при устройстве покрытий из искусственных камней представлены в таблице 3.6.

Табл. 3.6. Контролируемые параметры, их предельные значения, величины отклонений при устройстве дорожных покрытий из искусственных плит/каменной мощения

Обозначение	Контролируемые параметры	Предельные значения, величина отклонения
$h_{м.сл.}$	Толщина монтажного слоя с учетом запаса на вибропросадку камней (1...1.5 см)	4...6,5 см.
$i_{поп.м.сл.}, i_{прод.м.сл.}$	Поперечный и продольный уклон монтажного слоя	$i_{поп.м.сл.} = i_{поп.покр.}$ $i_{прод.м.сл.} = i_{прод.покр.}$
Δ	Швы: - покрытий из камней с криволинейными боковыми гранями в наиболее узком месте; - прочие.	2мм 3-5 мм
Δ_1	Величина вертикального уступа между двумя соседними камнями	<3 мм
Δ_1	Ровность: - максимальный просвет под трехметровой рейкой - при использовании двухметровой рейки максимальный просвет	10 мм 6 мм
$i_{поп.покр.}$	Поперечный уклон покрытия на базе 0.5 м ($i_{поп.покр.}$). Рисунок 32	>0.5%(>2.5 мм)
$i_{прод.покр.}$	Продольный уклон покрытия ($i_{прод.покр.}$): высотные отметки по оси	± 2 см
I	Результирующий общий уклон покрытия в сторону водосборных устройств $I=(i_{поп.}+i_{прод.})$	>2.5 %
Δ_3	Примыкания к существующим вертикальным отметкам	± 2 см
Δ_4	Величина уступов между искусственными камнями и крышками люков колодцев подземных коммуникаций	<3 мм

* ПРИМЕЧАНИЕ. Таблица составлена с использованием материалов Руководства по конструкциям, технологии устройства и требованиям к дорожным покрытиям из искусственных камней в Санкт-Петербурге [4].

3.4. Опыт эксплуатации

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

Наблюдения в период с 2008 - 2013 гг за выполненными участками мощения на контейнерных терминалах "Петролеспорт", "ЮГ-2" и "Осиновая Роща" показали, что в целом их состояние хорошее. Дорожные покрытия из камней мощения не имеют дефектов, которые бы негативно влияли на эксплуатационные показатели дорожных покрытий терминалов (см. рис.3.28. - 3.30.).

Вопреки прогнозам относительно разрушения камней в зонах фиттингов, которые были на этапе внедрения мощения в практику строительства терминалов, можно сказать, что это явление происходит не так быстро. Разрушение лицевой поверхности камней в районе фиттингов только начинает незначительно проявлять себя после пяти лет эксплуатации терминалов и не носит закономерный характер. Для предотвращения этого явления, на этапе проектирования заказчиком предлагалось использовать в зоне подпятников контейнеров железобетонные плиты усиленные металлическими листами для опор фиттингов. Были разработаны варианты железобетонных плит, рассчитанных на складирование контейнеров в 4 и 5 ярусов. Однако, на практике такое решение не нашло применение. Во-первых, на стадии проектирования не всегда имеется точная информация о составе грузов (тип контейнеров, их кол-во и т. д.). Во-вторых уже первоначальный опыт эксплуатации терминалов, на которых выполнено мощение, показал, что в таком решении нет необходимости.

При ремонте производится перемощение отдельных участков дорожного покрытия с частичной заменой монтажного (выравнивающего) слоя. При капитальном ремонте осуществляется перемощение отдельных участков с полной заменой монтажного (выравнивающего) слоя.

Текущий ремонт производится при местных повреждениях покрытия и состоит из:

- разборки мощения на участке повреждения;
- восстановления искусственного основания с необходимым уплотнением;
- замены поврежденных камней новыми (из резервного запаса) с выравнивающей посадкой и засыпкой швов песком.

При этом не требуется применение каких-

либо специальных механизмов и строительно дорожных машин. Ремонт может осуществляться рабочими невысокой квалификации. Это выгодно отличает данные покрытия от других (сборных из железобетонных плит, монолитных железобетонных и асфальтовых).

На намывных территориях (терминал "ЮГ-2" в порту Усть-Луга) незначительный ремонт покрытий (устранение деформаций покрытий около колодцев) был выполнен на следующий год после ввода терминала в эксплуатацию. После трех лет эксплуатации заказчиком запланировано устранение деформаций покрытия в результате провалов основания на площади 5 000 кв. м. покрытия (площадь мощения всего терминала 45 000 кв. м). При этом практически весь камень мощения будет использован повторно.

На контейнерном терминале "Toyota" заказчиком было принято решение оставить на площадке в распоряжение службы эксплуатации для возможного ремонта около 50 кв.м камней.

Для содержания покрытий применяется обычная уборочная техника. Парк уборочной техники на контейнерном терминале "ЮГ-2" в порту Усть-Луга показан на рис.3.31.

Следует обратить особое внимание эксплуатирующих служб, что на дорожном покрытии из камней мощения недопустимо наличие посторонних материалов и предметов (щебень, галька, металлические болты, гайки и т. д), которые при воздействии на них подвижной нагрузки служат концентраторами больших сосредоточенных напряжений и являются причинами разрушения камней мощения.

Для облегчения зимнего содержания покрытий из камней мощения рекомендуется выполнить их поверхностную обработку гидрофобизаторами. Гидрофобизаторы уменьшают процесс налипания снега на покрытия и образование ледовой корки.

Значительно улучшить эксплуатационные показатели покрытий может применение стабилизаторов песка (например, Resiblock, www.resiblock.com). При этом песок из швов не вымывается и не выветривается, в швах не скапливается грязь и снег, что облегчает уборку территории.

Основные положения по эксплуатации дорожных покрытий из камней мощения изложены в пункте 3.5.



В зонах фитингов контейнеров в некоторых местах после 5 лет эксплуатации начинается разрушение лицевой поверхности камня.



После года эксплуатации разрушение камней в зоне фитингов не наблюдается.



Деформация покрытия около опор рефрижераторных площадок вызвана неоднородностью в основании покрытия (через 1 год после строительства).



Состояние покрытия на площадках складирования контейнеров после трех лет эксплуатации.



Общий вид дорожных покрытий контейнерного терминала.

Рис. 3.28. Дорожное покрытие из камней мощения на терминале "Петролеспорт"



Состояние дорожных покрытий в зоне подпятников контейнеров через 2 года после начала эксплуатации.



Шелушение лицевой поверхности камня. Причина – мелкие щебенки, которые заносились на покрытие с примыкающего разрушающегося участка монолитного покрытия.



Местная деформация покрытия. На начальном этапе – легко устранимый дефект.



Общий вид дорожного покрытия.

Рис.3.29. Дорожное покрытие из камней мощения на терминале "Осиновая Роща".



Кран "LIEBHERR" на пневмоходу (380 тонн + вес груза) передвигается вдоль ж/д путей. Колейность отсутствует.



Опора крана "LIEBHERR" не вызывает деформации покрытия.



Общий вид покрытия. Виден уклон покрытия в сторону водосборного колодца.



Складируемый груз – металлические отливки весом 900 кг каждая.



Дефекты покрытия – местные деформации около некоторых колодцев были устранены в рамках гарантийных обязательств.



Скалывание углов некоторых камней мощения – редкий дефект покрытия. Возможные причины: 1) выступ камня над общим уровнем покрытия; 2) значительная сосредоточенная нагрузка на покрытие (металлические предметы и т. п.).

Рис. 3.30. Состояние дорожных покрытий из камней мощения на терминале "ЮГ-2" в порту Усть-Луга (2011 г – через 1 год после ввода терминала в эксплуатацию).



Рис.3.31. Парк уборочной техники на терминале "Юг-2" в порту Усть-Луга



3.5. Правила транспортировки, укладки и эксплуатации искусственных камней мощения

Настоящие правила распространяются на искусственные камни мощения производства ОАО "Ленстройдеталь".

Искусственные камни мощения поставляются в штабелях, уложенных на деревянные поддоны. Штабеля обернуты упаковочной пленкой или стальной упаковочной лентой, предотвращающих рассыпание камней мощения из штабеля. Не допускается погрузка камней мощения, а также их разгрузка сбрасыванием.

Разгрузка штабелей камней мощения из автотранспорта должна осуществляться:

- автопогрузчиком;
- мягкими ленточными стропами;
- обычными металлическими стропами через деревянные прокладки, устанавливаемые снизу и сверху штабеля для исключения его разрушения.

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

Укладка камней мощения производится вручную, либо при помощи специальной

укладочной техники. Подгонка плитки производится при помощи специальных резиновых молотков. При подгонке плитки запрещается бить одной плиткой по другой, использовать инструменты с металлическими наконечниками (за исключением, специального инструмента для работ по мощению), либо молотки из твердых пород дерева.

В начальный период эксплуатации (1 месяц), когда происходит дополнительная осадка камней, следует ограничить возможность интенсивного движения по дорожному покрытию подвижной нагрузки.

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

В течении первого (иногда и второго) года эксплуатации возможно выветривание поверхности бетонных искусственных камней, подвергающихся воздействию влаги с переменной интенсивностью и входящего в состав воздуха углекислого газа. При этом на поверхности камней выделяются продукты их взаимодействия с химическими соединениями, входящими в состав бетона (высолы). Такое явление допустимо, поскольку не влияет на

прочностные свойства покрытия. Для удаления высолов и их профилактики следует применять специальные средства - очистители и гидрофобизаторы.

Во избежание разрушения декоративного слоя камня и его лицевой поверхности запрещается использовать для уборки инструменты с металлической рабочей частью или поверхностью. Для уборки следует применять машины оборудованные щетками. Для избежания процессов скалывания льда тротуарные покрытия следует предохранять от образования на них наледей, для чего уборка снега с покрытий в зимний период должна производиться вслед за каждым снегопадом, а при значительной его продолжительности - также в период снегопада. При несвоевременном удалении снега с покрытий тротуаров снег слеживается, образуя плотный накат.

В зимний период, при уборке покрытия нельзя применять средства, содержащие техническую соль. Противогололедные реагенты могут использоваться в ограниченном количестве для труднодоступных мест, где уборка щетками может быть затруднена. При их использовании, по-возможности, рекомендуется оценить их коррозионное воздействие на камень мощения в лабораторных условиях. Рекомендуется применять противогололедные реагенты на основе магния и кальция. Наибольшее разрушающее воздействие на камень мощения при его замораживании и оттаивании оказывает хлорид натрия.

Для облегчения содержания покрытия в осенне-зимний период (очистка от снега, ледовой корки) следует произвести

поверхностную обработку камня гидрофобизатором. Обработка поверхности мощения гидрофобизатором облегчает содержание покрытия: камень не впитывает воду и загрязнения, на поверхности не образуется ледовая корка.

Запрещается резкое торможение и старт с пробуксовкой автомобилям, имеющим шипованные колеса.

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

На дорожном покрытии недопустимо наличие посторонних материалов и предметов (щебень, галька, металлические болты, гайки и т. д), которые при воздействии на них подвижной нагрузки являются причинами разрушения камней мощения.

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

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



ДО ОБРАБОТКИ



ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ

Рис. 3.32. Пример обработки поверхности камня мощения гидрофобизатором.

В России в качестве аэродромных покрытий на перронах, рулежных дорожках и местах стоянок воздушных судов, как правило, применяется монолитное железобетонное или асфальтовое дорожное покрытие.

Альтернативой этим, уже ставшим традиционным решениям дорожного покрытия, является мощение из мелкогабаритных искусственных камней.

Мощение в России получило распространение в проектах благоустройства муниципальных, коммерческих, промышленных и частных территорий. Из камней мощения выполняется дорожное покрытие тротуаров, пешеходных дорожек, стоянок для автомобилей, контейнерных терминалов. За рубежом, начиная с середины 80-х годов прошлого столетия, мощение с успехом используется для аэродромных покрытий, где могут возникать значительные нагрузки.

Преимущества мощения перед другими видами аэродромных покрытий:

1. Стоимость строительства дорожных покрытий из камней мощения дешевле, чем монолитных на 20-30 %.

2. Ремонтопригодность. Для ремонта и восстановления покрытия не требуется привлечение специальной техники и оборудования. В случае просадок покрытия, замены или прокладке подземных коммуникаций, камни мощения без повреждений могут быть извлечены из покрытия и установлены обратно. Это значительно сокращает денежные средства на ремонт и эксплуатацию покрытия. Дорожное покрытие из камней мощения можно ремонтировать и вводить в эксплуатацию небольшими участками.

3. Технологичность строительства. Устройство покрытия выполняется с применением минимального комплекта машин. Укладку камней мощения и подготовку основания можно выполнять с применением специальных мобильных укладчиков или профилировщиков основания ("OPTIMAS",

"Probst"). В случае необходимости все оборудование может быть оперативно убрано со строительной площадки. Работы по мощению могут выполняться в осенний период, когда имеются колебания дневных температур и трудно обеспечить качество работ по бетонированию или асфальтированию.

4. Стойкость к авиационному топливу и другим видам загрязнений.

5. Участки с мощением, которые по внешнему виду отличаются от других видов аэродромных покрытий, являются носителями дополнительной знаковой информации для пилотов воздушных судов.

Методы проектирования и строительства аэродромных покрытий из камней мощения за рубежом уже отработаны. В настоящее время блочное бетонное покрытие используется на площади более 1 миллиона кв. метров в 40 коммерческих и военных аэропортах, причем около 400 000 м² из них находится в аэропорте Гонконга [8, 9]. Пример конструкции дорожного покрытия из камней мощения, реализованной в аэропорту Гонконга показан на рис 4.1. К числу других крупных проектов относятся следующие [8]:

- США/Карибские острова - 24 000 м² покрытия рулежных дорожек в аэропорте Даллас/Форт-Уэрт и 10 000 м² - в аэропорте Большого Каймана.
- Великобритания - перроны для тяжелых самолетов площадью от 30 000 и 40 000 м² в аэропортах Хитроу, Гатуик, Глазго, Станстед, Саутгемптон, Лутон и 10 военных аэродромах.
- Европа - Перроны для самолетов в Тронхейме, Кристиансанде и Ставангере (Норвегия), стоянки для тягачей и оборудования в Шипхольме (Амстердам) (5 000 - 26 000 м²).
- Ближний восток - Перроны для самолетов в аэропорте имени Бен-Гуриона (Израиль) (13 000 м²), а также в Фуджейре (ОАЭ) (30 000 м²).
- Австралия - Перроны для B747 в Кернесе (30 000 м²) и взлетно-посадочная полоса

- в Тевенарде (26 000 м²).
- Африка - Перроны для B747 в Йомо Кениатта (Кения) (56 000 м²).
 - Азия - Перроны для самолетов в Гонконге (400 000 м²) и Субанге (Малайзия) (68 000 м²)

Опыт применения дорожных покрытий из камней мощения в норвежских аэропортах дал положительные ответ на вопросы о возможности эксплуатации этих покрытий в

зимнем климате, в условиях применения химических веществ для удаления льда и снегоочистителей. Регулярно используемые химикаты и снегоочистители никак не сказываются на состоянии покрытия в Тронхейме, Кристианзанде, Ставангере, базе НАТО в Соле, международном аэропорте в Осло (рис 4.2.), либо наносят минимальные повреждения [8].

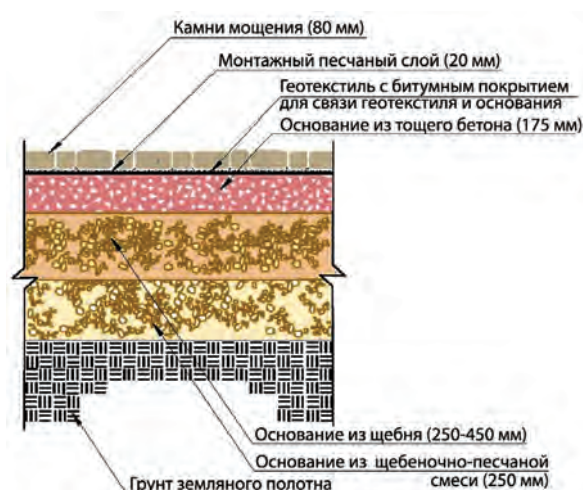


Рис. 4.1. Пример дорожной конструкции с покрытием из камней мощения в аэропорту Гонкога [9].



Рис. 4.2. Мощение в аэропорте Sandefjord (Осло, Норвегия).

Фото предоставлено компанией "OPTIMAS".

На основании отечественных и зарубежных исследований, имеющегося отечественного опыта эксплуатации территорий с повышенной нагрузкой можно дать некоторые рекомендации по применению и строительству дорожных покрытий из камней мощения на аэродромах:

1. Мощение может применяться только в местах, не подверженных воздействию взлетной тяги реактивных двигателей, в том числе - на стоянках и местах, где самолеты движутся с низкой скоростью;

2. Рекомендуется применение дорожных покрытий из камней мощения на участках, где имеются "слабые" грунты и проходят подземные коммуникации;

3. Камни мощения могут быть использованы при ремонте существующих асфальтобетонных и цементобетонных покрытий. Новое покрытие из камней мощения может устраиваться поверх старого асфальтобетонного или монолитного железобетонного покрытия. В этих случаях требуется обеспечить отвод воды из монтажного (выравнивающего) слоя. Водоотвод из монтажного слоя также важно

обеспечить при устройстве основания из тощего бетона. Пример конструктивного решения [9] представлен на рис.4.3.



Рис. 4.3. Пример конструктивного решения водоотвода из монтажного (выравнивающего) слоя (аэропорт Гонконга).

4. Толщина монтажного слоя из песка должна составлять от 20 до 25 мм. Более толстые (25-40 мм) подложки могут использоваться при строительстве дорог,

однако на аэродромах покрытие подвергается значительно большим нагрузкам, и для повышения его устойчивости необходимо, чтобы толщина подложки не превышала 20-25 мм. Использование более тонкой подложки возможно, так как на аэродромах предъявляются более строгие, чем на дорогах, требования к качеству поверхности основания.

5. Опыт эксплуатации покрытий из камней мощения в аэропортах позволил говорить, что основными причинами их разрушения являлись утечка песка монтажного (выравнивающего) слоя через стыки между бортовыми камнями и его проникновение в основание. Поэтому очень важно обеспечить герметичное заполнение швов между бортовыми камнями, а для разделения монтажного слоя и основания применять геотекстиль.

6. Для предотвращения выноса песка из швов под воздействием воды, ветра и газоздушных струй от авиадвигателей между камнями рекомендуется применять жидкий полимерный материал, например Resiblok (www.resiblock.com). Материал разливается на поверхность мощения и после этого счищается с поверхности камней мощения в стыки с помощью резиновой щетки. Состав Resiblok не только предотвращает эрозию соединительного песка из швов, но и препятствует проникновению через швы поверхностной воды и различных загрязняющих жидкостей (например, авиационного топлива). Применение стабилизатора песка продлевает срок службы покрытия, значительно сокращает расходы на обслуживание покрытия и сокращает потребность в промежуточном техническом обслуживании (рис. 4.4.).



Рис.4.4 Применение стабилизатора песка "Resiblok в аэропорту Крайстчерч, Новая Зеландия (Christchurch Airport).

7. Для ускорения строительства рекомендуется использовать машины для механизированной укладки камней мощения, профилировщики монтажного (выравнивающего) слоя под мощение и специальное оборудование (клевщи, захваты для переноски камня, прямой угол и др.). Для резки камня следует применять отрезные машины. На отрезанных частях камня следует выполнять фаску. Использование отрезанных камней, а не колотых, позволяет минимизировать риск попадания каменных сколов в двигатели самолетов. Обрезанная часть камня, устанавливаемого в покрытие, должна быть не менее четверти от целой.

8. Для мощения рекомендуется применять камни толщиной 100 мм, например "Eskoo-Six" (рис. 2.1.). Форма образована правильными шестиугольниками и обеспечивает минимальную протяженность швов, равномерный износ граней формы, меньший износ покрышек движущегося транспорта и оптимально подходит для механизированной укладки.



Аэродромное покрытие из камней мощения.

Фото с сайта www.sept.org

5. 1. Влияние швов и раскладки камней мощения

Исследованиями конфигураций элементов мощения, а также швов и связей между камнями занимался А. А. Тимофеев [7].

В дорожных покрытиях из искусственных камней мощения важное значение имеют швы, которые образуют наиболее уязвимые места. Необоснованное увеличение количества швов вызывает удорожание строительства и ухудшение условий эксплуатации. Поэтому, следует стремиться к уменьшению количества швов.

Формулы для определения протяженности швов и объема материала для их заполнения выведены А. А. Тимофеевым [7].

$$L = kF / 2 \sqrt{f} ,$$

Протяженность швов:

где k -коэффициент, характеризующий конфигурацию элемента ($k_4=2$; $k_6=1,86$);
 F - площадь всего покрытия;
 f - площадь отдельного элемента.

Из формулы следует, что для уменьшения протяженности швов нужно стремиться к минимальному k и к максимальной площади отдельного элемента f .

Объем заполнения швов в покрытии можно определить по формуле:

$$V_{\text{шв}} = \frac{1}{2} k \frac{F}{\sqrt{f}} \delta h ,$$

где δ - среднее значение ширины шва; h -толщина элементов сборных покрытий.

А. А. Тимофеев пришел к выводу, что наиболее целесообразным с точки зрения минимальной протяженности швов в покрытии является использование плит с основаниями из правильных шестиугольников.

Если, например, количество швов в покрытии из правильных шестиугольных плит принять за 100 %, то в случае применения равновеликих квадратных плит количество швов составит 107,5 %, при треугольных плитках - 123 %.

Важное значение имеет расположение швов в покрытии. Для равномерного износа сборного покрытия желательно такое расположение швов, чтобы все места стыков плит подвергались примерно одинаковому воздействию транспорта. С этой точки зрения в покрытии лучше всего использовать шестиугольные плиты, где швы расположены под различными углами к оси дороги и более равномерно изнашиваются.

Для обеспечения прочности, ровности и равномерного износа дорожного покрытия, рекомендуется вести укладку камней мощения под углом 45° к оси движения автотранспорта, чтобы все места стыков камней подвергались примерно одинаковому износу, а в контакте с колесом находилось максимальное количество элементов мощения (рис. 5.1.-5.2.).

Кроме того, раскладка камней мощения под углом к оси движения основной движущейся нагрузки способствует снижению шума при движении.



**Рис. 5. 1. Мощение территории порта.
Раскладка камней под углом 45°
к оси проезда .**

Фото предоставлено компанией "OPTIMAS".



Рис. 5.2. Правильная и неправильная раскладка камней мощения в дорожном покрытии

При механизации работ по мощению камни мощения укладываются в покрытие картами (рис. 5.3.). Карта соответствует одному ряду искусственных камней уложенных в поддоне.

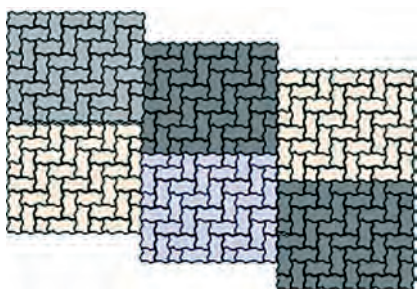


Рис. 5.3. Вариант раскладки камней мощения "Волна UNI" при механизированной укладке.

1. Расположение камней мощения в картах способствует максимальному включению всех мелкоштучных элементов в работу дорожного покрытия, а также их равномерному износу.

2. Вести механизированную укладку следует таким образом, чтобы в направлении движения основной тяжелой перегрузочной техники, в дорожном покрытии отсутствовали "сквозные" швы.

Для заполнения швов могут применяться специальные составы компании Resiblock (www.resiblock.com).

5.2. Распределяющая способность дорожных покрытий из искусственных камней мощения.

Обзор и анализ зарубежных работ по исследованию дорожных покрытий из искусственных камней мощения выполнен Н. С. Павловой [5]. В работе приводятся данные по зависимости распределяющей способности блочного покрытия от величины прикладываемой нагрузки, вида основания, величины швов и степени их заполнения.

При исследовании распределяющей способности бетонных блоков различной конфигурации, использовался лоток, где выполнялась дорожная конструкция и закладывались датчики давления. При действии фиксированной нагрузки, с помощью

датчиков снимались показания давления на глубине 12-13 см от поверхности, т. е. под слоем песка. Из результатов испытаний видно (см. табл.), что при воздействии статической нагрузки блоки в покрытии работают совместно и позволяют уменьшить давление в верхнем слое основания на 7-44 %, причем распределяющая способность покрытия из бетонных блоков увеличивается при возрастании прикладываемой нагрузки. Форма и размер блоков, в пределах рассмотренных незначительно влияет на характер изменения напряженно-деформированного основания.

Табл. 5.1. Распределяющая способность бетонных блоков на глубине верха основания

Форма блока	Размеры блока, см	Прикладываемое давление, кН/м²			
		120	250	380	510
		Максимальные давления в датчике, % от прикладываемого			
Прямоугольная	20x10x6,5	91	75	66	57
Фигурная	22,5x11x8	93	75	65	58
Фигурная	19x9x6,5	87	76	67	62
Волна	22x11x8	85	73	65	59
Волна	17x9,5x8	92	78	61	56
Фигурная	22,5x11x7,7	83	72	67	65
Среднее значение		89	75	65	59

О характере перераспределения статической нагрузки от центра приложения нагрузки дают представленные кривые изменения давления в верхнем слое основания (рис. 5.4.). Здесь видно, что при увеличении статической нагрузки совместность работы блоков возрастает. Так, давление от нагрузки в 120 кН/м² уже на расстоянии 10 см от центра приложения нагрузки составляют лишь 3 % от

их максимального значения. При увеличении нагрузки в 4, 3 раза давление составляющее ~ 3 % от максимального, фиксировалось на расстоянии 30 см от центра. Другими исследованиями установлено, что при воздействии на блочное покрытие динамической нагрузки совместность работы блоков также увеличивается.

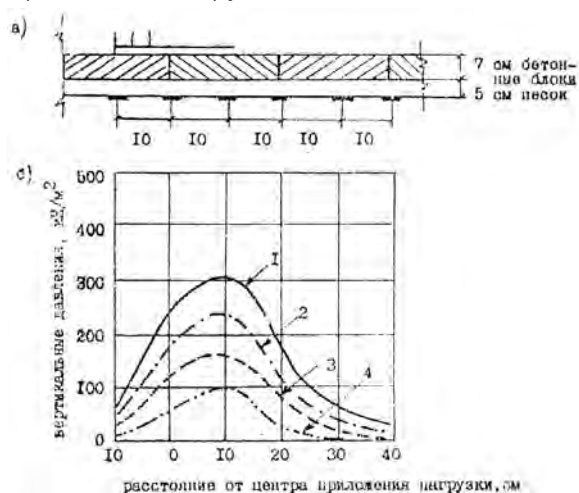


Рис. 5.4. Изменение давления в верхнем слое основания в зависимости от прикладываемой нагрузки:
а) схема испытаний;
б) кривые изменения давлений от прикладываемой нагрузки:

1 – 510 кН/м²; 2 – 380 кН/м²
3 – 250 кН/м²; 4 – 120 кН/м²

Распределяющая способность фигурных блоков во многом зависит от модуля упругости основания. Были испытаны тротуары с покрытиями из блоков в форме трехлистника, на песчаном основании с модулем упругости 23,0 МПа и коэффициентом уплотнения ~ 0,96, а также на основаниях из щебня и тощего бетона, имеющих соответственно модули упругости на поверхности 62,6 и 112 МПа.

На песчаном основании под вторым, третьим, пятым блоками прогибы составляли соответственно 40-45, 20-24, 4-6% от максимального значения. На основании из щебня и тощего бетона передача нагрузки переходит полнее. Построенные на основе результатов испытаний графики (рис. 5.4.) характеризуют влияние основание на величину передаваемой нагрузки.

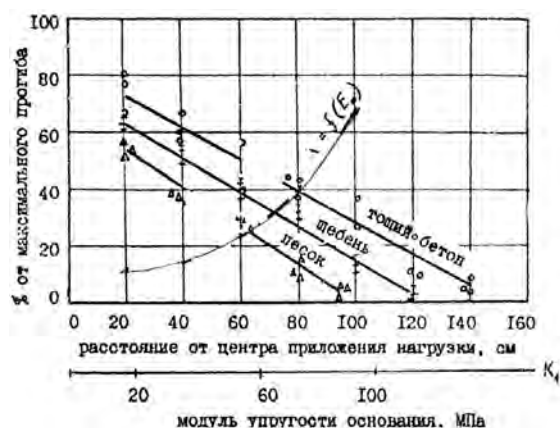


Рис. 5.4. Распределяющая способность фигурных блоков на различных основаниях.

Особенно большое влияние на совместность работы блоков в покрытии имеют характер и полнота заполнения швов. На рисунке 5.5 приведены кривые, отражающие характер распределения прогибов в блочном покрытии при различном заполнении швов песком. По мере увеличения жесткости покрытия происходит уменьшение значения прогиба с одновременным ростом радиуса чаши прогибов.

Результаты зарубежных исследований изложенных в работе Н. С. Павловой подтверждают эксперименты Костикова Ю. Б. выполненные в рамках диссертационной работы по исследованию влияния параметров покрытия из искусственных камней мощения на прочность дорожной одежды [2]. Исследования проводились в грунтовом лотке (рис. 5.6.).

Цель эксперимента - изучение влияния размеров и формы камней мощения, материала заполнения швов на деформированное состояние дорожной одежды.

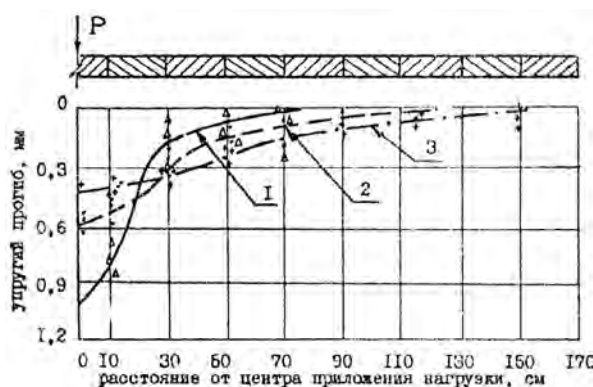


Рис. 5.5. Эпюра чаши прогибов от нагрузки:
1. для блочного покрытия с заполненными песком швами;
2. для блочного покрытия с заполненными швами;
3. для монолитного бетонного покрытия той же толщины.

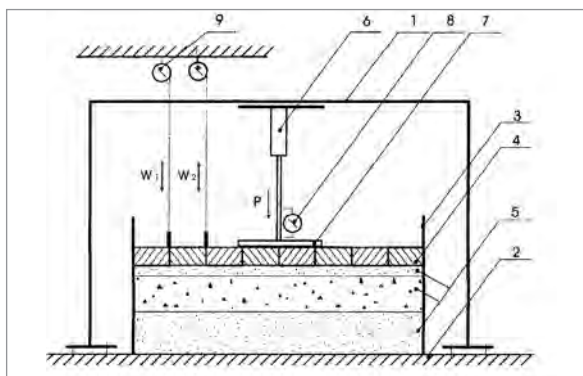
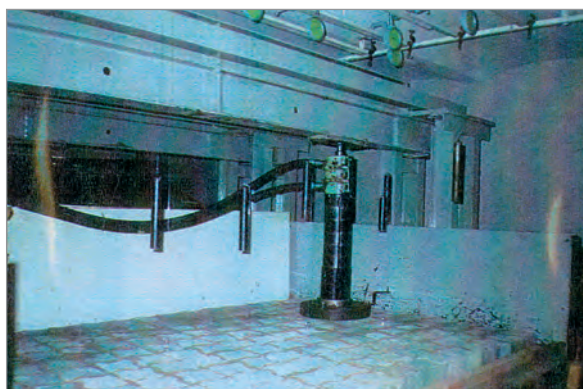


Рис. 5.6. Общий вид и схема испытательной установки:
1. металлическая рама;
2. фундамент;
3. металлический ящик;
4. искусственные камни мощения;
5. слой дорожной одежды;
6. гидравлический домкрат;
7. штамп;
8. динамометр на сжатие;
9. датчики перемещений.

Результаты исследований показали, что камни мощения с криволинейными гранями, за счет имеющихся в плане выступов наиболее полно вовлекаются в работу покрытия. Для высоконагруженных территорий предпочтительно использовать камни с размерами в плане не более 200 x 200 мм.

Таким образом, на основании выполненных исследований можно сделать следующие выводы. Искусственные камни мощения удерживаются в покрытии посредством трения между боковыми гранями,

которое передается песком, находящимся в швах между ними, и позволяет камням замкнуться и распределять вертикальные нагрузки на более широкую зону, чем зона приложения нагрузки. Наличие боковых упоров исключает горизонтальное смещение отдельных блоков. Масса каждого камня в отдельности по отношению к нагрузке даже от самого легкого автомобиля настолько мала, что они могут быть устойчивыми в покрытии только благодаря влиянию друг на друга.

5. 3. Штамповые испытания дорожных одежд с покрытием из искусственных камней мощения

В 2009 г компанией ООО "Гранд Массар" были выполнены штамповые испытания дорожных одежд с покрытием из камней мощения на территории ОАО "Петролеспорт" (Санкт-Петербург).

Штамповые испытания грунтов и искусственных оснований является одним из точных методов по определению их фактических деформативных характеристик (модуля упругости и модуля деформации), а также их несущей способности. Чем лучше уплотнены слои искусственного основания, тем меньше величина остаточной и упругой деформации и тем меньше соотношение между модулем упругости и модулем деформации.

Критерий оценки прочности дорожной одежды (конструкции) - упругий прогиб и вычисленный по его величине модуль упругости. Чем больше прогиб дорожных одежд под данной нагрузкой, тем, следовательно, меньшей жесткостью и меньшей распределяющей способностью они обладают.

Модуль упругости дорожной одежды или материала ее слоя - отношение удельного давления, передаваемого испытательной нагрузкой, к относительной упругой деформации. Относительная упругая деформация равна отношению упругой (обратимой) деформации дорожной одежды или материала ее слоя к диаметру круга, равновеликого по площади отпечатку колеса расчетного автомобиля.

Штамповые испытания выполнялись в соответствии с ГОСТ 20276-99 "Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости" и ВСН 46-83 "Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа" (рис. 5.7.).



Рис. 5.7. Проведение штампового испытания.

Помимо решения основной задачи испытаний - проверки качества уплотнения слоев основания дорожной одежды, был поставлен эксперимент по исследованию деформативных характеристик дорожной одежды с покрытием из камней мощения и без него.

Результаты измерений и вычислений, графики деформаций представлены на рис. 5.8. и 5.9.

Модуль упругости дорожной одежды при нагрузке на штамп 5,65 т без покрытия из камней мощения, а с покрытием - , что практически на 25 % больше. Таким образом, данный эксперимент подтверждает наличие распределяющей способности дорожного покрытия из камней мощения при воздействии нагрузки. Отдельные камни, находящиеся в контакте с нагрузкой передают часть ее соседним. Таким образом, нагрузка распределяется на более широкую площадь.

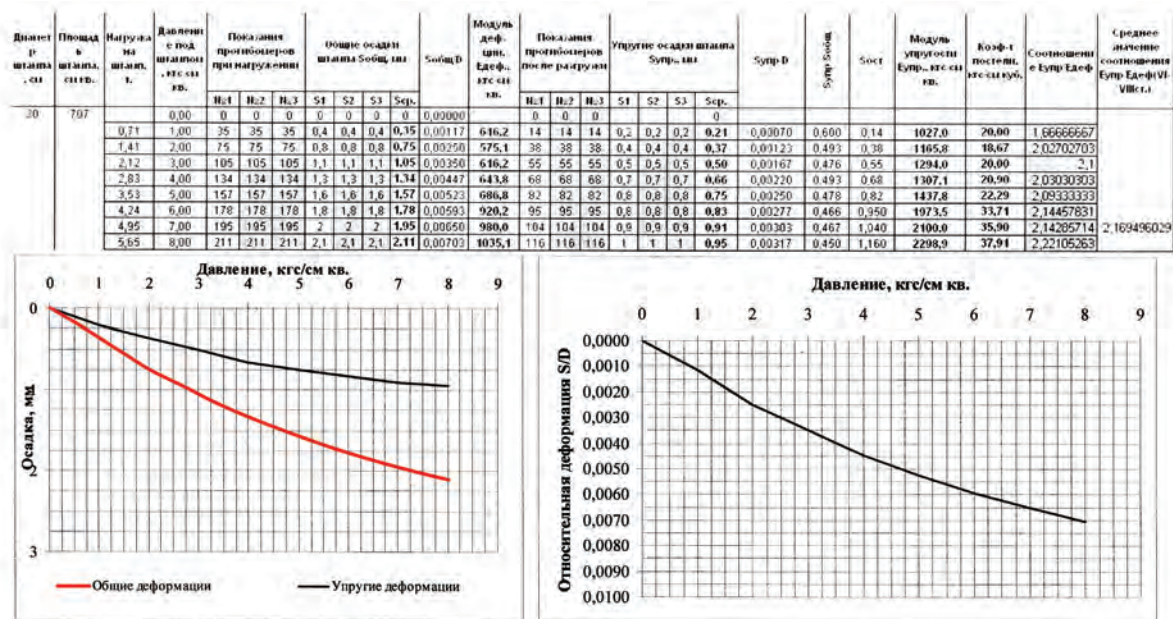


Рис. 5.8. Пример результатов штамповых испытаний дорожной одежды с покрытием из искусственных камней мощения (точка № 3).

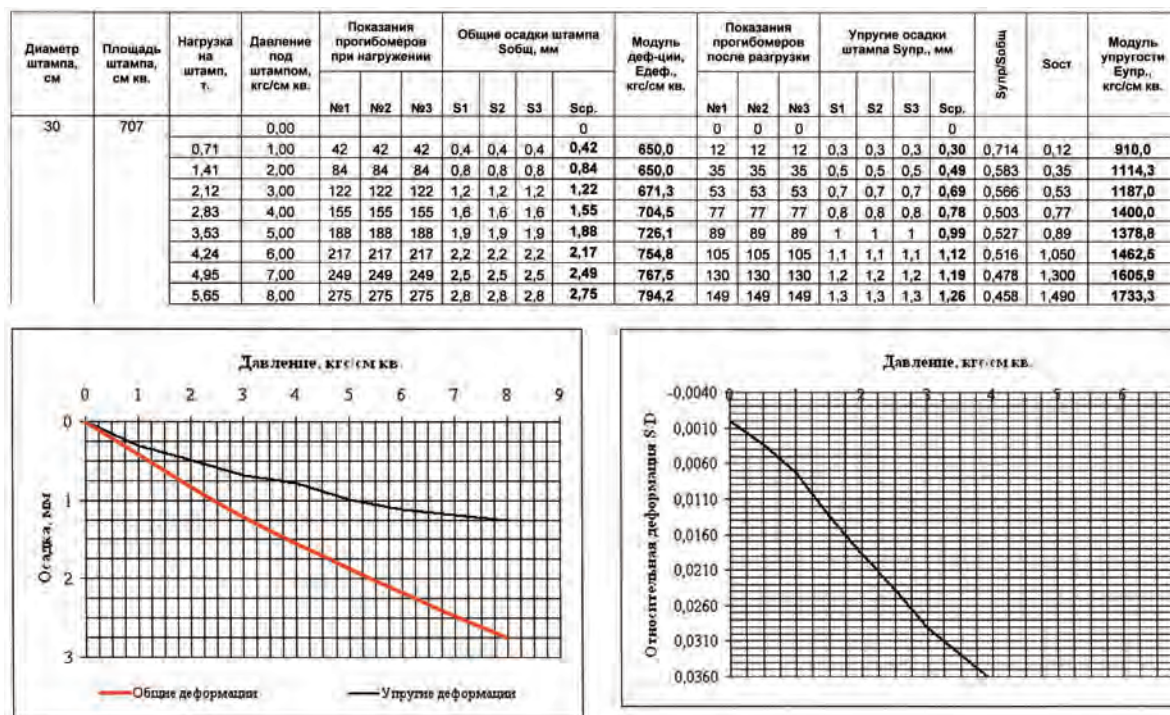


Рис. 5.9. Результаты штамповых испытаний дорожной одежды без покрытия из искусственных камней мощения (на расстоянии 1,5 – 2 м от точки № 3).

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ И РАСЧЕТУ

Глава 6

Вид и конструкцию дорожного покрытия выбирают с учетом: эксплуатационно-технологического назначения; гидрологических и грунтовых условий строительства; величины, характера и интенсивности воздействия нагрузок (высоты штабеля складироваемых грузов, частоты проходов автомобильного транспорта и погрузчиков, режима работы кранов повышенной грузоподъемности), стоимости строительства и эксплуатации.

Несмотря на уже имеющийся положительный опыт применения мощения на промышленных территориях, в настоящее время не разработана единая методика расчета дорожных одежд с таким покрытием. Надо отметить, что отсутствие обоснованного алгоритма расчета относится и к другим случаям применения мощения: автомобильные дороги, перроны для стоянки самолетов, тротуары. При этом в современных условиях эксплуатации, непрерывно возрастают нагрузки на дорожное покрытие и их

интенсивность, повышается уровень ответственности заказчика и проектировщика за принятые решения.

Анализ проектной документации в части касающихся расчетов дорожных одежд с покрытием из искусственных камней мощения для контейнерных терминалов показал, что инженеры применяют следующие способы.

1) Выборочно используют имеющиеся методики расчета жестких или нежестких дорожных одежд. Например, расчет дорожной конструкции одного из контейнерных терминалов выполнялся с использованием СНиП 2.05.08-85 "Аэродромы". В другом случае, было разработано покрытие-аналог из монолитного железобетона, а затем подбирались эквивалентная конструкция с использованием искусственных камней мощения. Критерием эквивалентности являлось равенство прогибов поверхности под нагрузкой, определяемых методами теории упругости.

Таблица 6.1. Дорожные конструкции дорожных одежд контейнерных терминалов

Слои дорожной одежды	Толщины слоев дорожной одежды с покрытием из искусственных камней мощения на контейнерных терминалах			
	"Петролеспорт"	МПК "ЮГ-2"	"Осиновая роща"	"Тойота"
1	2	3	4	5
Камни мощения	10	10	10	10
Монтажный (выравнивающий) слой	3	3	3	3
Щебень фр. 40-70 или 20-40 с расклинцовкой фракционированным мелким щебнем	25	25	0	35
Георешетка	-	-	отсутствует	-
Щебень фр.40-70 с расклинцовкой фракционированным мелким щебнем	30	25	65	35
Геосетка	-	-	-	-
Песок средней крупности, $K_{\phi} \geq m/сут$, $K_y = 0,98$	48	35	30	40
Геотекстиль	-	-	-	-
Естественный грунт основания	-	-	-	-
Общая толщина слоев основания, см	116	98	108	123

2) В расчетах используются модули упругости сборного покрытия, полученные на основании зарубежных исследований. Эти модули относятся к дорожным одеждам, где предусмотрено движение транспортных средств с нагрузкой на ось до 10 т и не учитывают особенности разрабатываемой конструкции.

3) Назначают конструкции исходя из собственного опыта проектирования и эксплуатации ранее построенных участков.

Перечисленные методы не имеют единого обоснованного алгоритма расчета, а следовательно, не могут считаться универсальными и быть применимы к другим объектам строительства. Они не учитывают особенности дорожного покрытия из камней мощения: толщину (высоту) камней и материал заполнения швов, а также влияние этих параметров на характер распределения нагрузки на нижележащие слои основания. Кроме этого, как правило, чтобы дополнительно перестраховаться от ошибок, вызванных приближенными методами расчета, проектировщики назначают толщины дорожных конструкций с учетом "запаса", что увеличивает конечную стоимость строительства.

Тем не менее, дорожные одежды с покрытием из искусственных камней мощения контейнерных терминалов (табл. 6.1.), построенные несколько лет назад и рассчитанные по указанным выше способам имеют положительный опыт эксплуатации, поэтому будем рассматривать их в качестве сравнительных примеров при проверке предлагаемого в настоящей работе метода расчета.

При разработке метода расчета будем использовать следующие результаты ранее выполненных научных работ.

1) Дорожные одежды с покрытием из искусственных камней мощения являются нежесткими, что доказано в отечественных и зарубежных исследованиях. Следовательно, для их расчета можно применить методики расчета нежестких дорожных одежд и соответствующие программы, например "Топоматик Robur - Дорожная одежда" (разработчик НПФ "Топоматик", Санкт-Петербург, сертификат соответствия № РОСС RU.СП15.Н00405).

Программа предназначена для расчета нежестких дорожных одежд автомобильных дорог и применима для проектирования вновь сооружаемых дорожных одежд и реконструируемых (усиляемых), а также для оценки прочности существующих конструкций.

В алгоритм расчета заложены

рекомендации следующих нормативных документов: ОДН 218.046-01 "Проектирование нежестких дорожных одежд"; ВСН 46-83 "Проектирование нежестких дорожных одежд"; ОДН 218.1.052-2002 "Оценка прочности нежестких дорожных одежд"; ГОСТ Р 52748-2007 "Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения"; ОДМ 218.5.003 -2010 "Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог"; ВСН 21-83 "Указания по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию автомобильных дорог"; ОДМ 218.5.001-2009 "Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешеток для армирования асфальтобетонных слоев усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог".

В программе реализованы расчеты: на прочность (по упругому прогибу, по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев; на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению на растяжение при изгибе; на статическую нагрузку), на морозоустойчивость, расчет дренирующего слоя. Расчет выполняется как на стандартные нагрузки А1, А2, А3, А 11.5 (АК11.5, АК10, АК 6), так и на любую другую составляющую не менее 10 % от состава грузового движения.

В качестве исходных данных задаются интенсивность движения по видам транспорта на любой год эксплуатации дороги и коэффициент ежегодного прироста интенсивности движения. Требуемый модуль упругости и допускаемое напряжение на изгиб определяются с учетом суммарного количества проходов транспорта по одному следу за срок службы дорожной одежды, либо суточной интенсивности в обоих направлениях. Расчетные характеристики конструктивных слоев дорожной одежды выбираются из стандартной базы данных. Имеется возможность вводить в базу данных новые материалы и задавать их характеристики. Программа позволяет автоматически выполнять перебор толщин конструктивных слоев дорожной одежды в заданных пределах и с заданным шагом. Варианты конструкций, отвечающих условиям прочности, упорядочиваются по критерию стоимости.

2) Дорожное покрытие из камней мощения распределяет нагрузку на нижележащее грунтовое основание по определенному закону.

В диссертации А. В. Горенко "Исследование прочностных и деформативных свойств покрытий из бетонных блоков при проектировании, строительстве и эксплуатации портовых территорий" на основе экспериментальных данных рассчитано, какая часть нагрузки воспринимается слоем блоков, а какая передается на подстилающее грунтовое основание.

Предполагалось, что если осадка одиночного блока и блока, загружаемого в составе покрытия, равны, то разница между величинами нагрузок, действующих в этих двух случаях, дает значение реакции слоя блоков. В результате были получены графики зависимости величины реакции слоя блоков от нагрузки, действующей на покрытие, которые методом наименьших квадратов были аппроксимированы линейной зависимостью:

при

$$h_{\text{бл}} = 60 \text{ мм} \rightarrow R_{\text{бл}} = 0,50 P;$$

$$h_{\text{бл}} = 80 \text{ мм} \rightarrow R_{\text{бл}} = 0,62 P;$$

$$h_{\text{бл}} = 100 \text{ мм} \rightarrow R_{\text{бл}} = 0,74 P \quad (1)$$

Согласно данным исследований Ассоциации цемента и бетона Великобритании блоковое покрытие распределяет прикладываемую нагрузку P на нижележащее грунтовое основание под углом α по площади F_1 . Интенсивность нагрузки, действующей на грунтовое основание, учитывая реакцию слоя блоков $R_{\text{бл}}$ равна:

$$p = (P - R_{\text{бл}}) / F_1 \quad (2)$$

Диаметр передачи нагрузки на основание:

$$D_p = D + 2(h_{\text{ик}} + h_{\text{в}}), \quad (3)$$

где D_p - диаметр передачи нагрузки на основание, м;

D - диаметр следа колеса, м;

$h_{\text{ик}}$ - высота камня мощения, м;

$h_{\text{в}}$ - толщина выравнивающего (монтажного) слоя, м.

При расчете дорожной одежды с покрытием из камней мощения, она приводится к жесткой дорожной одежде, на поверхности которой действует нагрузка интенсивностью p (формула 2), распределенная по кругу площадью F_1 (рис. 6.1.).

Данный метод приведения нагрузки устанавливает связь между внешней нагрузкой и толщиной (высотой) покрытия из камней мощения.

Результаты работы А. В. Горенко подтверждают натурные испытания выполненные в Санкт-Петербурге, в 2009 году, компанией ООО "Гранд Массар" (см. раздел 5). Испытания показали, что отдельные камни,

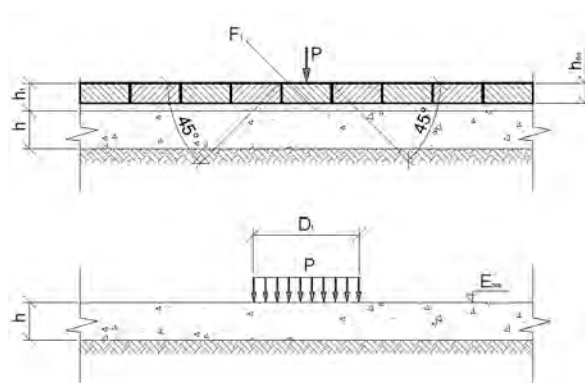


Рис. 6.1. Расчетная схема дорожной одежды с покрытием из камней мощения

находящиеся в контакте с нагрузкой передают часть ее соседним. Таким образом, нагрузка распределяется на более широкую площадь.

Таким образом, используя закон распределения нагрузки покрытием из камней мощения из работы А. В. Горенко, и современную программу для расчета жестких одежд "Топоматик Robur - Дорожная одежда" можно предложить следующий алгоритм расчета дорожных одежд с покрытием из камней мощения.

Шаг 1. Подготовка исходных данных для расчета дорожных одежд. В программу должны быть введены следующие исходные данные: дорожно-климатическая зона; тип местности по рельефу; схема увлажнения рабочего слоя; поправка на влажность; категория дороги; количество полос движения; номер полосы от обочины; заданная надежность; тип дорожной одежды; тип земляного полотна; глубина промерзания грунта от поверхности покрытия; расстояние от низа дорожной одежды до расчетного УГВ; суммарное число приложений расчетной нагрузки.

Шаг 2. Расчет нагрузки, которая передается на подстилающее грунтовое основание

Шаг 3. Ввод исходных данных в программу, расчет и получение результатов.

Шаг 4. Анализ полученных результатов, разработка конструкции дорожной одежды.

Пример. В качестве примера рассмотрим расчет дорожной одежды для контейнерного терминала "Тойота" (табл. 6.1.). В качестве расчетной принимается наибольшая осевая нагрузка от транспортного средства DRF 450 65s5 (ричстакера) грузоподъемностью 45 т $F_{\text{осв}} = 98400 \text{ кгс} = 984 \text{ кН}$. Расчетный коэффициент динамичности $k_d = 1,1$. Расчетная нагрузка на колесо - 579.2 кН. Давление воздуха в шинах - 1 Мпа. Диаметр отпечатка колеса - 0,82 м. Модуль упругости грунта естественного основания - $E=30 \text{ МПа}$.

Пример диалогового окна программы "Топоматик Robur - Дорожная одежда" с введенными исходными данными показан на рис. 5. Глубина промерзания грунта от поверхности покрытия, расстояние от низа дорожной одежды до расчетного уровня грунтовых вод взяты по данным инженерно-геологических исследований местности.

Выполним расчет нагрузки, которая передается на подстилающее грунтовое основание.

Диаметр передачи нагрузки на основание по формуле (3):

$$D_p = 0,82 + 2 (0,100 + 0,03) = 1,08 \text{ м} \quad (4)$$

Площадь распределения нагрузки:

$$F_1 = \frac{\pi}{4} \times D_p^2 = \frac{3,14}{4} \times 1,08^2 = 0,92 \text{ м}^2$$

Нагрузка, действующая на грунтовое основание, учитывая реакцию слоя блоков по формуле (2):

$$p = (579200 - 0,74 \times 579200) / 0,92 = 163687 \text{ Н/м}^2$$

В программе "Топоматик Robur" имеется возможность ввести нагрузку, отличающуюся от стандартной. При вводе другой нагрузки задаются следующие параметры:

$Q_{\text{п}}$ - номинальная статическая нагрузка на колесо наиболее загруженной оси, ;

P - давление воздуха в шинах, МПа.

По известным $Q_{\text{п}}$ и P определяется отпечаток следа колеса D подвижного и неподвижного автомобилей $D_{\text{ст}}$ (в см):

$$D_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{40Q_{\text{п}}}{\pi \times p}}, D = \sqrt{1,3D_{\text{ст}}}$$

Применительно к нашей расчетной схеме, с учетом реакции слоя камней мощения (2) статическая нагрузка на нижележащие слои дорожной одежды будет равна: $Q_{\text{п}} = 579200 - 0,74 \times 579200 = 150592 \text{ Н} = 150,6 \text{ кН}$.

Давление воздуха в шинах, или применительно к нашей расчетной схеме давление на основание от этой нагрузки нам предстоит определить, принимая

$$D_p = D_{\text{ст}} = 1,08 \text{ м} \quad (\text{формула 4):}$$

$$p = \frac{40Q_{\text{п}}}{D_{\text{ст}}^2 \pi} = \frac{40 \times 150,6}{1,08^2 \times 3,14} = 0,164 \text{ МПа}.$$

Вводим в диалоговое окно программы полученные значения $Q_{\text{п}}$ и P .

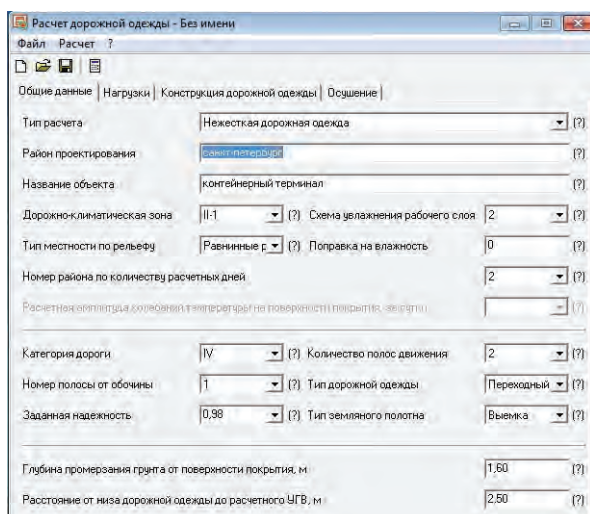


Рис. 6.2. Пример диалогового окна программы "Топоматик Robur - Дорожная одежда"

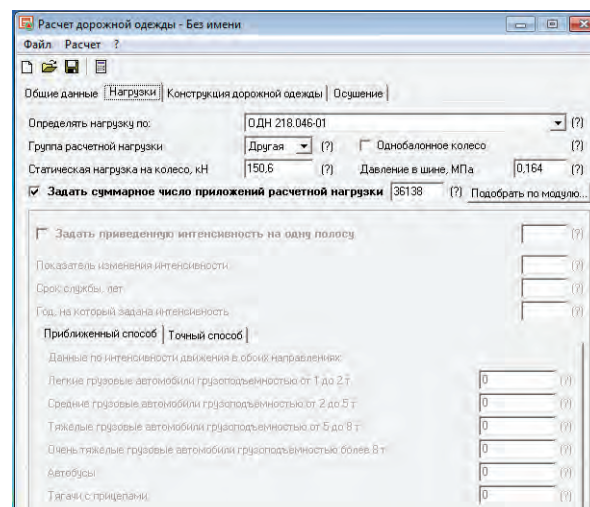


Рис. 6.3. Результаты расчета в текстовом виде

Пример результатов расчета дорожной одежды с покрытием из искусственных камней мощения с применением программы "Топоматик-Robur"

Район проектирования: Санкт-Петербург

Название объекта: контейнерный терминал

Категория дороги - 4.

Дорожно-климатическая зона - II-1

Схема увлажнения рабочего слоя - 2

Расстояние от уровня грунтовых вод до низа дорожной одежды - 2,50 м

Тип дорожной одежды - переходный (низший)

Тип нагрузки: Другая нагрузка

давление на покрытие, P - 0,16 МПа

расчетный диаметр следа колеса, D - 123,00 см

Требуемый уровень надежности - 0,98

Коэффициент прочности - 1,29

Глубина промерзания грунта в районе проектирования - 1,60 м

РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ

Группа расчетной нагрузки - Другая

Диаметр штампа расчетного колеса - 123,000 см

Расчетное количество дней в году - 145

Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки - 36138,000

Конструкция дорожной одежды

1: $h=35,00$ см - "Щебень фр. 40-80 мм трудноуплотн. (гранитн) с заклин фракционированным мелким щебнем $E=350$ МПа"

2: $h=0,00$ см - "Геосинтетика Геосинтетический материал ($P_p = 10 - 20$ Кн/м, $E_{ps} = 50 - 70\%$)"

3: $h=35,00$ см - "Щебень фр. 40-80 мм трудноуплотн. (гранитн) с заклин фракционированным мелким щебнем $E=350$ МПа"

4: $h=0,00$ см - "Геосинтетика Геосинтетический материал ($P_p \geq 20$ Кн/м, $E_{ps} \leq 20\%$)"

5: $h=45,00$ см - "Песчаные основания песок средней крупности содержание пылевато-глинистой фракции: 5%"

6: $h=0,00$ см - "Геосинтетика Геосинтетический материал ($P_p \geq 20$ Кн/м, $E_{ps} \leq 20\%$)"

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

Расчетные характеристики материалов слоев

Слой 1: $\Gamma=1800,00$, $E=350,00$

Слой 2:

Слой 3: $\Gamma=1800,00$, $E=350,00$

Слой 4:

Слой 5: $\Gamma=1950,00$, $E=120,00$, $C=0,00300$, $C_{\text{стат}}=0,00500$, $\Phi=28,71$, $\Phi_{\text{стат}}=33,00$

Слой 6:

Слой 7: $W=0,865$, $E=24,69$, $C=0,00376$, $C_{\text{стат}}=0,00904$, $\Phi=3,57$, $\Phi_{\text{стат}}=12,02$

Расчет по упругому прогибу

Расчет по упругому прогибу не требуется, так как нагрузка на ось > 120 кН (см п. 3.14 ОДН).

Расчет по сдвигу

Давление от колеса на покрытие - 0,164 МПа

Расчет для слоя "Грунт суглинок тяжелый"

$E_7 = 24,69$

Толщина слоев - 115,0 см

Средний модуль упругости верхних слоев - 260,00 МПа

Общий модуль упругости нижних слоев - 24,69 МПа

Угол внутреннего трения, градусы - 3,57

Действующее активное напряжение сдвига - 0,01120 МПа
 $K_d = 1,5$

Средняя плотность - 1858,70 кг/куб.м

Предельное активное напряжение сдвига - 0,01247 МПа

Требуемый коэффициент прочности - 1,100

Коэффициент прочности - 1,114

Расчет для слоя "Песчаные основания песок средней крупности содержание пылевато-глинистой фракции: 5%"

$E_7 = 24,69$

$E_{5-7} = 43,73$ (37,41)

Толщина слоев - 70,0 см

Средний модуль упругости верхних слоев - 350,00 МПа

Общий модуль упругости нижних слоев - 43,73 МПа

Угол внутреннего трения, градусы - 28,71

Действующее активное напряжение сдвига - 0,00842 МПа

$K_d = 4,0$

Средняя плотность - 1800,00 кг/куб.м

Предельное активное напряжение сдвига - 0,04473 МПа

Требуемый коэффициент прочности - 1,100

Коэффициент прочности - 5,310

ПРОЧНОСТЬ ОБЕСПЕЧЕНА

Расчет на растяжение при изгибе

Так как не заданы слои асфальтобетона,

то расчет на растяжение при изгибе не требуется

Расчет на статическую нагрузку

Давление от колеса на покрытие - 0,164 МПа

Расчет для слоя "Грунт суглинок тяжелый"

$E_7 = 24,69$

Толщина слоев - 115,0 см

Средний модуль упругости верхних слоев - 260,000 МПа

Общий модуль упругости нижних слоев - 24,690 МПа

Угол внутреннего трения, градусы - 12,018

Действующее активное напряжение сдвига - 0,00723 МПа
 $K_d = 1,5$

Средняя плотность - 1858,70 кг/куб.м

Предельное активное напряжение сдвига - 0,02038 МПа

Требуемый коэффициент прочности - 1,100

Коэффициент прочности - 2,818

Расчет для слоя "Песчаные основания песок средней крупности содержание пылевато-глинистой фракции: 5%"

$E_7 = 24,69$

$E_{5-7} = 45,91$ (39,28)

Толщина слоев - 70,0 см

Средний модуль упругости верхних слоев - 350,000 МПа

Общий модуль упругости нижних слоев - 45,907 МПа

Угол внутреннего трения, градусы - 33,000

Действующее активное напряжение сдвига - 0,00657 МПа
 $K_d = 4,0$

Средняя плотность - 1800,00 кг/куб.м

Предельное активное напряжение сдвига - 0,05273 МПа

Требуемый коэффициент прочности - 1,100

Коэффициент прочности - 8,029

ПРОЧНОСТЬ ОБЕСПЕЧЕНА

Проверка морозоустойчивости

Грунт суглинок тяжелый

Номер грунта по пучинистости - 3

Допустимая величина морозного пучения - 10,0 см

Козф. учит. влияние глубины залегания УГВ - 0,58

Козф. завис. от степени уплотнения грунта - 1,00

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

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

Козф. завис. от расчетной влажности грунта - 1,27

Средняя величина морозного пучения - 11,3 см

Требуемая толщина дорожной одежды - 6,3 см

Фактическая толщина дорожной одежды - 115,0 см

Морозоустойчивость обеспечена

Как видно, в результате расчета получилась конструкция дорожной одежды аналогичная приведенной в табл. 6.1. (графа "5"). По предлагаемому методу выполнен расчет дорожных одежд с покрытием из искусственных камней мощения применительно к другим ранее построенным терминалам (табл. 1). Рассчитанные

дорожные конструкции совпали с практически построенными, что подтверждает правильность предлагаемого алгоритма расчета.

Предлагаемая методика может быть использована для расчета дорожных покрытий из камней мощения любой толщины (60 - 80 мм) и на любых участках дорог.

1. Научно-технический отчет по теме: "Разработка рекомендаций по конструкции дорожной одежды с покрытием из искусственных камней мощения". Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет, Автомобильно-дорожный институт, 2006 год. Ответственный исполнитель - к. т. н. Симановский А. М.
2. Костиков Ю. Б. Влияние параметров покрытия из искусственных камней мощения на прочность дорожной одежды.: Дис. Канд. Техн. Наук. - СПб.: СПбГАСУ, 2004 г.
3. РД 31.31. 46-88 Методика расчета и конструирования жестких покрытий территорий морских портов (Минморфлот СССР, М., 1989).
4. Руководство по конструкциям, технологии устройства и требованиям к дорожным покрытиям из искусственных камней в Санкт-Петербурге. - СПб.: Мэрия СПб., 1996 г.
5. Павлова Н. С. Особенности работы тротуаров с покрытиями из сборных бетонных элементов. // Совершенствование методов строительства и эксплуатации автодорог: Сб. науч. тр. МАДИ. - М., 1982.
6. Покрытия портовых территорий. Проект. ОАО "Ленморниипроект". Ответственный исполнитель гл. научный сотрудник Васильевский Ю. И., 2006 г.
7. Тимофеев А. А. Сборные бетонные и железобетонные покрытия городских дорог и тротуаров. - М.: Стройиздат, 1986.
8. Развитие технологии блочных бетонных покрытий для аэродромов. Ларри Муджай, главный конструктор, Руководство аэропорта Гонконга. Дэвид Р. Смит, технический директор, Институт блочных бетонных покрытий / Evolution of interlocking concrete pavements for airfields. Larry Mujaj, Design Manager, Airport Authority Hong Kong; David R. Smith, Technical Director, Interlocking Concrete Pavement Institute.
9. Бизнес-кейс по специализированным плиточным покрытиям. Международный аэропорт Гонконга. Институт "Interlocking Concrete Pavement" и ассоциация "Interpave", 2004/ Case Study in ENGINEERED INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT. Hong Kong International Airport. Interlocking Concrete Pavement Institute and Interpave, 2004.

ИНТЕРНЕТ РЕСУРСЫ

Компания "Ленстройдеталь" : www.lensdet.ru.
 Британская ассоциация INTERPAVE: www.paving.org.uk
 Компания Resiblock: www.resiblock.com.
 Компания "Optimas": www.optimas.de.
 Международная организация по развитию мощения: www.sept.org

PETROLESPORT

ОАО «ПЕТРОЛЕСПОРТ»
Гладкий остров, 1
Санкт-Петербург,
Россия, 198099
телефон: + 7 (812) 332 3001
телефакс: + 7 (812) 332 3022
e-mail: port@petrolesport.ru

Генеральному директору
ОАО «Ленстройдеталь»
Войтенко А. Л.

17.08.2011 № 45-18

на № _____ от _____

ОТЗЫВ

о дорожных покрытиях из искусственных камней мощения на территории терминала ОАО «Петролеспорт»

Искусственные камни мощения применяются при реконструкции дорожных покрытий терминала ОАО «Петролеспорт» с 2008 года. В настоящее время выполнено более 300 000 м² таких покрытий. Для мощения используется камень типа «UNI» (225x112,5x100мм) высотой 100 мм. Камни укладываются на монтажный слой толщиной не более 5 см и основание из щебня и песка. Общая толщина дорожной конструкции составляет 1160 мм.

Складские площадки терминала используются для хранения контейнеров (5 ярусов), автомобилей, грузов Ро-Ро. Для перегрузки контейнеров применяются портальные перегружатели RTG и ричтакеры типа Kalmar. Нормативная нагрузка от складирования грузовых контейнеров 10 т/м², от перегрузочного оборудования – 100 т на ось.

Ранее на площадках терминала были выполнены асфальтобетонные дорожные покрытия и сборные – из железобетонных плит. На сборных покрытиях возникали уступы между соседними плитами, поэтому периодически приходилось проводить работы по перекладке плит. На асфальтовых покрытиях, особенно в летний период эксплуатации, возникала колеиность, что требовало проведение ремонтных работ практически каждый сезон.

Прежде чем принимать решение о применении на терминале дорожных покрытий из камней мощения, сотрудниками компании во время зарубежных поездок был изучен опыт проектирования и строительства таких покрытий, который оказался положительным.

Во время эксплуатации на терминале ОАО «Петролеспорт» в период с 2008 по настоящее время дорожные покрытия из камней мощения также хорошо зарекомендовали себя: разрушение отдельных камней имеется в единичных случаях, колеиность отсутствуют. В зоне фитингов контейнеров наблюдается деформация покрытия и начало разрушения камней.

Одним из положительных преимуществ таких дорожных покрытий является их ремонтпригодность. Деформированные участки вскрываются и неровности устраняются, разрушенные камни вынимаются из покрытия и меняются на новые. Эти работы не требуют применение специальной техники и оборудования, что облегчает ремонт.

Зимняя уборка осуществляется снегоочистителями с отвалами, оборудованными резиновыми отбойниками и щетками.

В целом, состояние дорожных покрытий отвечает требованиям по эксплуатации, и может быть рекомендовано к применению на других терминалах.

Директор по развитию и
капитальному строительству



М.П. Мартышов



Генеральному директору
ОАО "Ленстройдеталь"
Г-ну Войтенко А. Л.

**Отзыв
о дорожных покрытиях из искусственных камней мощения
для территорий портов и логистических терминалов**

ООО "Морстройтехнология" имеет многолетний опыт проектирования портовых терминалов и объектов транспортно-складского назначения. В составе проектной документации (схема планировочной организации земельного участка), необходимо разрабатывать конструкции покрытий территории и проездов.

Специалисты компании при посещении зарубежных портов и изучении опыта их эксплуатации уже давно обратили внимание на применение в качестве дорожных покрытий бетонных камней мощения. В частности, камни мощения использованы при устройстве дорожных покрытий некоторых терминалов в Германии ("БЛГ Логистик") и Нидерландах ("Стейнверг", "Хартел").

На основании зарубежного и отечественного опыта проектирования, строительства и эксплуатации дорожных покрытий из искусственных камней мощения, ООО "Морстройтехнология" считает целесообразным их применение при строительстве портовых терминалов. Такие покрытия могут рассматриваться как альтернатива монолитным и сборным железобетонным. По таким показателям, как стоимость строительства и ремонтпригодность, дорожные покрытия из камней мощения имеют явное преимущество.

В настоящее время в проектной документации на строительство Балтийского металлургического терминала нами рекомендовано применение камней мощения для устройства дорожных покрытий.

Для более широкого применения искусственных камней мощения в качестве дорожных покрытий логистических терминалов и портовых территорий необходима работа по изменению нормативно-методической базы по технологическому проектированию морских портов.

С уважением

Директор проектов

А.И. Богун

14.08.2011

ООО "Морстройтехнология" 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29
телефон: (812) 333 13 10 факс: (812) 333 13 11
e-mail: mct@morproekt.ru www.morproekt.ru





ООО "Управляющая компания
"Корпорация "СТЕРХ"
198095, Россия, г.Санкт-Петербург,
ул. Маршала Говорова, д.40,
подъезд № 2
Тел.: 8 (812) 323-95-95
Факс: 8 (812) 323-95-94
www.sterh-corp.ru
info@sterh-corp.ru

ИНН 7805117621
КПП 780501001
БИК 044030791
Филиал Василеостровский
ОАО «Банк ВТБ Северо-Запад»
г. Санкт-Петербург
К/с 30101810200000000791
Р/с 40702810051000002339

16.05.2013г. № 8140-05/13

Генеральному директору
ОАО «Ленстройдеталь»
Сабылину А. И.

ОТЗЫВ

по результатам эксплуатации дорожных покрытий из искусственных камней
мощения на контейнерных терминалах ООО «УК «Корпорация «Стерх»

ООО «УК «Корпорация «Стерх» применяет искусственные камни мощения для устройства новых и ремонта существующих дорожных покрытий из плит ПАГ. В общей сложности мощение выполнено на площади свыше 25 000 кв. м.

Эксплуатация построенных участков ведется с 2011 года. За это время нами не выявлено каких-либо серьезных дефектов, которые бы ухудшали эксплуатационные показатели покрытий.

Учитывая собственный положительный опыт, можем рекомендовать применение мощения на территориях контейнерных терминалов вместо монолитных железобетонных покрытий и покрытий из плит ПАГ.

Директор по строительству

В. В. Власов

ОТЗЫВЫ



Компания "Ландшафт Дизайн Проект" входит в группу компаний "Ленстройдеталь" предлагает выполнение работ по мощению и комплексному благоустройству промышленных, городских, коммерческих и частных объектов.

Наличие собственного крупного парка строительно-дорожной техники, в том числе машины "Optimas" для механизированного мощения и высококвалифицированного персонала позволяет качественно и в срок выполнить работы по мощению и благоустройству.

Компания имеет большой опыт по производству работ на больших территориях и в центре города (организация работ в две смены, поставка материалов в ночные часы), что позволяет рационально использовать рабочее время и значительно уменьшить себестоимость работ.

Компания выполнила мощение и благоустройство на следующих объектах:

- Жилой дом по ул. Сантьяго де Куба.
- Элитный жилой комплекс "Максимус" на Крестовском острове.
- Многофункциональный торговый комплекс на ул. Добролюбова д.16.
- Коттеджный поселок "Новый мир" рядом с п. Репино.
- Жилой дом на ул. Картошихина д.5.
- Клубный 25-ти этажный дом "Твин Пикс" (пересечение улиц Димитрова и Бухарестской).
- Первый фешенебельный квартал в С-Петербурге - "Парадный квартал".
- Жилой дом на Выборгском шоссе (д.27 корпус 3).
- Памятник истории и культуры - "Дача Ланских" (пр.Энгельса д.4).
- Комплексное благоустройство поликлиники №27.
- Башня "Лидер Групп"-комплексное благоустройсво.
- Порт Усть-Луга (терминал Юг-2).
- Порт Приморск.
- Завод "Тойота".

Предлагаем специальные цены на материалы для мощения и работы.



КОНТАКТЫ:
коммерческий директор
Максим Морозов
 тел. 365-05-07,
 8-911-188-49-74



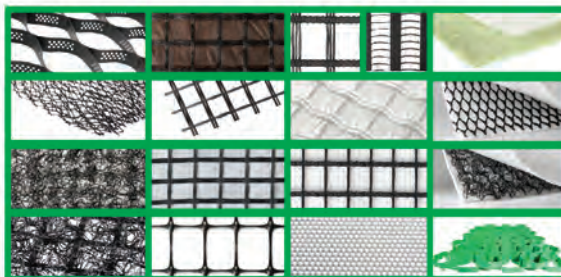
МИАКОМ®
группа компаний



COMPANY WITH
QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
= ISO 9001 =
= ISO 14001 =
= ISO 18001 =

Группа компаний «МИАКОМ» основана в 2004 году и в настоящее время является одной из крупнейших организаций на рынке геосинтетических материалов. Основные направления деятельности – производство и поставка геосинтетических материалов для дорожного, аэродромного, нефтегазового и гидротехнического строительства, проектно-исследовательские работы, осуществление полного комплекса дорожно-строительных работ.

Предприятия группы компаний «МИАКОМ» на зарубежном оборудовании фирм *Karl Mayer* и *Sulzer* из европейского сырья выпускают практически весь перечень известных геосинтетических материалов, позволяющий предложить проектировщикам, строителям и заказчикам оптимальное решение для конкретного объекта.



Наша компания принимала участие при строительстве и разработке проектных решений ряда крупных объектов: Морской торговый порт Усть-Луга (2-я очередь строительства МПГ «Юг-2»), аэропорт Пулково, Рублевское шоссе, Арсенальная набережная, КАД и др.

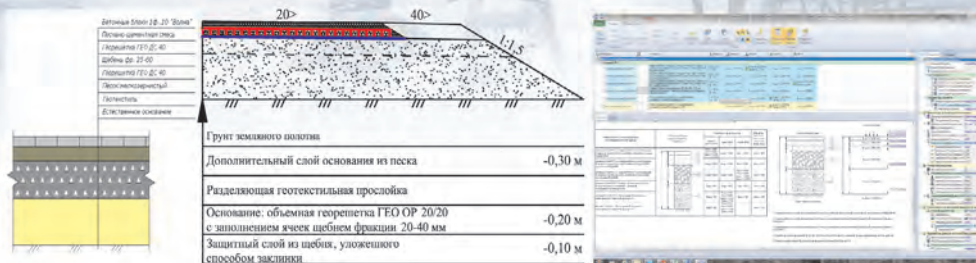


В состав ГК «МИАКОМ» входит проектно-исследовательская компания **«Строй-Импульс»**, разрабатывающая комплексные решения для объектов транспортной инфраструктуры. Наши научные интересы лежат в сфере разработки конструкций с применением геосинтетических материалов, расчетных методов и организации испытаний.

Компания выполняет следующие проектные работы:

- проектирование автомобильных дорог, объектов нефтегазового комплекса и инфраструктуры портов;
- расчеты и проектирование земляного полотна на слабых грунтах, армогрунтовых подпорных стен;
- расчеты дорожных одежд, конструкций аэродромных и портовых покрытий.

Проектные работы выполняет коллектив квалифицированных инженеров, в том числе научных сотрудников с учеными степенями. Для расчетов применяется сертифицированное программное обеспечение: **Indor Pavement, PLAXIS, GEO5**.



www.miakom.ru
www.s-impulse.ru
Тел.: +7 (812) 309 81 18

СТРОЙ-ИМПУЛЬС
проектирование и строительство

Партнеры

Summary for manual

"Paving of areas with extra heavy loads on road surface"

The "Paving of areas with extra heavy loads on road surface" manual generalizes Lenstroydetal experience of container and storage terminal construction. The company operates in this area since 2008.

Road surface is formed of artificial 100 mm height stones made by dry vibrocompression. The stones are manufactured by means of high-tech Hess equipment (Germany). In 2011 the company acquired a special new generation paving stone compression mould Eskoo-six. Since 2012 the company uses Optimas machine, the mechanized paving unit, which significantly simplifies construction.

The manual contains information on the project implemented by the company since 2008 to 2013, describes design, construction and operation of road surfaces made of paving stones.

The first chapter contains a list of terms used in the manual.

The second chapter describes various kinds of stones used for paving of areas with extra heavy loads (UNI, Eskoo-six), as well as advantages of paving in comparison with other types of road surfaces. Primary paving advantages caused wide spread of this technology in terminals and ports of Saint-Petersburg are high repairability and low cost. Example of paving cost-effectiveness analysis is made.

The third section contains a summary of paving utilization experience with photos taken in foreign ports and storage terminals. In Saint-Petersburg (Russia), paving stones are used for construction of Petrosport, YUG-2 (Ust-Luga port), Osinovaya Rostsha, and Voskhod container terminals, Toyota automobile plant container terminal. Road structures used for construction of each of the terminals, as well as the corresponding paving specifics are described. Several years of road surface monitoring held in the terminals allows to state a positive experience of this technology operation.

On the basis of foreign experience, the fourth chapter considers a perspective paving stone application for areas with extra heavy loads on road surface - construction of airdrome pavements.

The fifth chapter contains results of foreign and domestic studies of road surfaces made of artificial paving stones.

The sixth chapter describes a method of road surface calculation based on the studies and construction experience. Example of such calculation is made.

The manual author, Yuri Kostikov, candidate of engineering sciences, holds a position of the Hess project director in Lenstroydetal. Contact information: (812) 953-89-35; kostikovspb@mail.ru.

ОАО «Ленстройдеталь»
192019, Санкт-Петербург, ул. Седова, д. 6
Тел. (812) 365-05-07
www.lensdet.ru