

2011

Санкт-Петербург



МОЩЕНИЕ

территорий портов и
логистических терминалов



проектирование
строительство
эксплуатация



ПЕНСТРОЙДЕТАЛЬ

Искусственные камни мощения получили широкое распространение с середины 90-х годов, когда стали применяться при устройстве дорожных покрытий тротуаров и автостоянок. Камни мощения, высотой 40–80 мм, с успехом применяются и сейчас, при благоустройстве территорий для движения пешеходов и лёгкого автотранспорта с нагрузкой на ось не более 6 тонн.

Для устройства дорожных покрытий, на которые действуют повышенные нагрузки от десяти до нескольких десятков тонн (порты, логистические терминалы и др.), за рубежом и уже в отечественной практике строительства, используется камень мощения толщиной 100 мм.

Однако, единых норм и методик по применению искусственных камней мощения в таких покрытиях не имеется.

В предлагаемом пособии обобщён отечественный и зарубежный опыт проектирования, строительства и эксплуатации высоконагруженных дорожных покрытий из искусственных камней мощения.

Автор Костиков Ю. Б., к. т. н., директор по развитию проекта "Hess" ОАО "Ленстройдеталь"
(812) 953 8935, kostikovspb@mail.ru, www.paving.spb.ru

Содержание

1. Термины и определения	3
2. Дорожные покрытия из искусственных камней мощения.	3
2.1. Преимущества применения.	3
2.2. Виды искусственных камней.	5
2.3. Особенности покрытий.	8
3. Зарубежный опыт строительства	8
4. Основные положения по конструированию расчёту.	12
4.1. Общие положения.	12
4.2. Моделирование покрытия из камней мощения сплошным слоем.	12
4.3. Приведение нагрузки, действующей на покрытие с учетом реакции слоя камней (блоков).	15
4.4. Результаты расчета на сосредоточенные нагрузки.	16
5. Опыт проектирования и строительства в Санкт-Петербурге	17
5.1. Портовый терминал ОАО "Петролеспорт"	17
5.2. Многопрофильный контейнерный терминал ЮГ-2 (Усть-Луга).	19
5.3. Логистический центр Корпорации "Стерх" в Осиновой роще.	24
6. Эксплуатация	25
7. Литература	28
Приложения	29
1. Результаты исследований работы дорожных покрытий из искусственных камней мощения	
- влияние швов и раскладки камней мощения	29
- распределяющая способность	30
- штамповые испытания	33
2. Правила транспортировки, укладки и эксплуатации искусственных камней мощения	36
3. Конструктивные решения: сопряжения с другими видами покрытий, закрепление краёв, мощение междельсового пространства	37
4. Элементы водосборной системы АСО.	38
5. Применение инновационных материалов при укреплении конструкций дорожных одежд	39
Отзывы.	
1. Проктная организация ООО «Морстройтехнология»	42
2. Эксплуатирующая организация ОАО «Петролеспорт».	43

1. Термины и определения

Высоконагруженные территории – территории, на которых предусматривается движение транспортных средств с нагрузкой на ось от 10 тонн и более. В пособии рассматриваются дорожные одежды с покрытием из искусственных камней мощения, рассчитанные на воздействие ричтакеров 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.).

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. Камни мощения для высоконагруженных территорий выпускаются толщиной 100-120 мм. Требования к искусственным камням мощения содержатся в следующих документах: ГОСТ 17608-91 “Плиты бетонные тротуарные. Технические условия”, ТУ 5746-001-33157194-97 “Камни искусственные покрытий дорог”, ТУ 5746-018-03984296-2004 “Изделия бетонные тротуарные”.

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 (истирающие, 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, дренажную и теплоизолирующую функции. Он выполняется из дренажных не подверженных пучению материалов (песок, шлак и др.).

2. Дорожные покрытия из искусственных камней мощения

2. 1. Преимущества применения

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.

В отечественной практике строительства, в качестве дорожных покрытий контейнерных тер-

миналов и портовых территорий, как правило, до недавнего времени применялись: сборные железобетонные, монолитные бетонные или асфальтобетонные покрытия. 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.

Дорожные покрытия из искусственных камней мощения обладают рядом преимуществ по сравнению с другими видами покрытий по стоимости, срокам службы и ремонтпригодности.

Технико-экономические показатели дорожных покрытий для портов и логистических терминалов

Вид покрытия	Относительная стоимость, %	Проектный срок службы, лет		Трудоёмкость и материалоёмкость 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	7	50
-на щебеночном основании;	92	10	5	75

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 устройством новых слоев покрытия. В последнее время, применяется крупнозернистый (дренирующий) асфальт с последующим композитным покрытием, например, “Конфальт” или “Densifalt”.

Одним из существенных недостатков дорожных покрытий из крупноразмерных железобетонных плит является образование уступов между соседними плитами в процессе эксплуатации. 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 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

непресадочных 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 ввиду, 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].

Сравнительный анализ дорожных покрытий

Показатели	Дорожные покрытия	
	Из искусственных камней мощения	Асфальтобетонные, сборные железобетонные, монолитные железобетонные
Технологичность строительства	Имеется возможность механизированной укладки. Производительность укладчика до 1 500 кв. м. в смену.	Для устройства покрытий требуется целый комплект специальных строительно-дорожных машин: асфальто- или бетоноукладчик, дорожные катки, автокран и др.
Ремонтопригодность	Камни мощения могут многократно использоваться (покрытие разбирается и восстанавливается обратно при прокладке и обслуживании подземных коммуникаций). Замена камней и восстановление покрытия не требует специальных машин и оборудования.	Асфальтобетон после вскрытия повторно не используется. Для ремонта покрытий требуется специальная техника и оборудование (асфальтоукладчик, дорожные катки, фрезы). Проблематичен ямочный ремонт.
Экологичность	Бетон не выделяет в атмосферу вредных веществ.	Асфальтобетон – строительный материал, содержащий битум. Основные компоненты нефтяного битума – асфальтены, смолы и нефтяные масла, вредные пары которых испаряются особенно интенсивно в процессе укладки смеси, а также в течение всего срока эксплуатации дорожного покрытия.
Декоративные свойства	При помощи камней мощения различных цветов, обозначают разметку, направления движения, производят зонирование.	Цветные асфальтобетоны и бетоны не получили широкого распространения в дорожном строительстве.

Надо иметь ввиду, что асфальтобетонные, монолитные и сборные железобетонные покрытия требуют при строительстве и ремонте применения специальной строительно-дорожной техники: асфальто- и бетоноукладчиков, дорожных катков и виброреек, автокранов и др. Такие работы производятся специализированными профильными компаниями. Это значительно усложняет строительство 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. Приложение 1), 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].

2. 2. Виды искусственных камней мощения

Отечественными и зарубежными исследованиями установлено, что форма, размеры и расклад

ка камней мощения оказывают существенное влияние на эксплуатационные показатели дорожного покрытия (прочность, ровность) при действии повышенных нагрузок (более 10 тонн/ось).

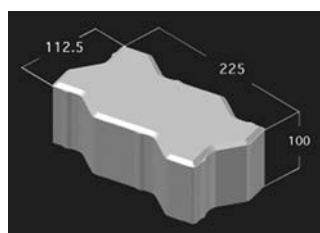
Для мощения используются камни толщиной 100 мм.

Требования к искусственным камням мощения содержатся в Технических условиях и Стандарте предприятия-изготовителя.

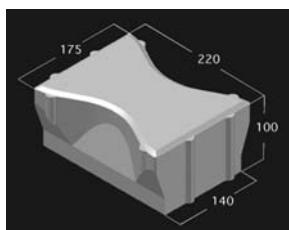
Технические характеристики камней мощения

Наименование параметров	Значение
Класс бетона по прочности на сжатие	B35 (45 Мпа)
Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе	4,4
Водопоглощение, % по массе, не более	6
Истираемость, г/см. кв, не более	0,7
Морозостойкость, циклов, не менее	200 (F 200)

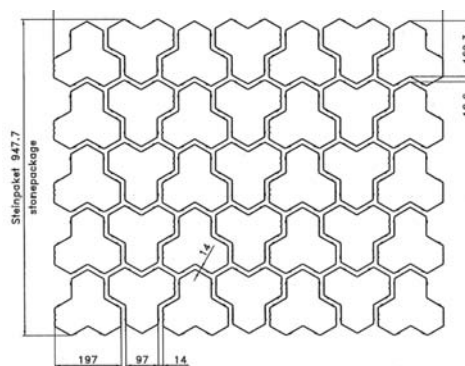
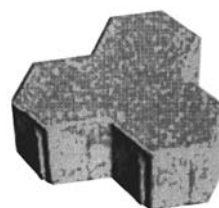
На рис. 1. представлены формы камней для мощения территорий с повышенными нагрузками на дорожное покрытие.



а) 1Ф.10 “UNI” с горизонтальной (в плане) связью



б) “Verticom” с горизонтальными и вертикальными связями (KOBRA Formen GmbH, Германия)



в) Камень мощения “Eskoo-Six” (197x197 мм) общий вид и раскладка в дорожном покрытии

Рис. 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 уже 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 - 2011 гг. Криволинейная форма камня в плане препятствует горизонтальному смещению камней относительно друг-друга. В процессе мо-

щения и эксплуатации покрытия из камней типа “UNI” выявлены некоторые недостатки:

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. Половинки камней используются в местах примыканий и в зонах с наименьшей нагрузкой.



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.

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



Замена половинок камней на целые с помощью специального захвата от компании “Probst” – весьма трудоемкий процесс.

над уровнем мощения приводит к их откалыванию. Как правило такая ситуация возникает при уклонах поверхности мощения в нескольких плоскостях.

Камень мощения нового поколения “Eskoo-Six” (рис. 1, в) имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными формами “UNI” или “Катушка” (см. таблицу).

Таблица 1

Преимущества камней 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	<ul style="list-style-type: none"> - меньший износ покрытия; - меньший износ покрышек перегрузочной техники; - меньше шум при движении.

Камень мощения “Verticom” имеет наклонные боковые грани (рис. 1, б) за счет которых передает силы скольжения и качения не только в направлении движения, но и по поверхности дорожного покрытия, чем значительно снижают нагрузку на основание. Его использование можно рекомендовать для зон складирования контейнеров, где от

фитингов возникают высокие сосредоточенные нагрузки. Следует иметь ввиду, что в случае использования камней с наклонными гранями или фигурными выступами, таких как “Verticom”, осложняется вопрос разборки и ремонта покрытия, поскольку не всякий элемент легко и без повреждения может быть извлечен из покрытия.

2. 3. Особенности дорожных покрытий из камней мощения.

Дорожные покрытия из искусственных камней мощения характеризуются большим количеством швов между камнями. Нормативная толщина шва принимается 3...5 мм. Для обеспечения требуемых эксплуатационных показателей дорожных покрытий из искусственных камней следует:

1) стремиться к уменьшению количества швов за счёт применения оптимальных форм камней мощения;

2) следить за тщательным заполнением швов на этапах строительства и эксплуатации. В качестве материала заполнителя может использоваться не только мелкий песок, но и специальные составы, например ROMEX (www.pavingmaster.ru), quick-mix (www.quick-mix.com/ru) и др. В результате применения заполнителей швов получаются эластичные и дренирующие швы.

3) выбирать раскладку камней мощения с учетом применяемой формы камней, плана территории для мощения и условий ее эксплуатации.

Дополнительная информация по заполнению швов и раскладкам камней мощения приведена в Приложении 1.

Края мощения должны быть закреплены, например, бетонными бортовыми камнями. Некоторые конструктивные решения закрепление краев мощения и сопряжения покрытий из искусственных камней мощения с другими видами покрытий представлены в Приложении 3.

Водоотвод с поверхности покрытия решается таким же образом, как и в других видах покрытий. Предпочтительно использовать линейный водоотвод. В этом случае поверхность мощения не имеет видимых переломов плоскостей мощения, как это происходит в случае организации точечного водоотвода. Линейный водоотвод:

- упрощает механизированную укладку камней;

- исключает возможное разрушение граней камней, выступающих из-за перелома плоскостей мощения;

облегчает уход за покрытием и процесс обработки грузов. Поперечный уклон для дорожных покрытий из искусственных камней мощения на базе 0,5 м должен быть не менее 2,5 мм. Некоторые элементы систем линейного и точечного водоотвода приведены в Приложении 4.

3. 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).

Британской ассоциацией INTERPAVE (www.paving.org.uk) в 2007 году выпущена книга "Дорожные покрытия тяжелого типа. Конструкция дорожных покрытий тяжелого типа для портов и других отраслей промышленности" (автор Д. Кнаптон). В ней рассматриваются вопросы проектирования конструкций дорожных покрытий из искус-

ственных камней мощения и приводятся примеры расчетов. Следует отметить, что книга издается уже в четвертый раз, начиная с 1984 года, что говорит о достаточном распространении и популярности таких покрытий.

Ниже приведены некоторые фото зарубежных портовых и логистических терминалов, дорожные покрытия которых выполнены из искусственных камней мощения.

Рис. 2. Причал в Бременхафене (Германия) для погрузки ветряных генераторов (2008 г., 2000 кв.м).

Фото предоставлено компанией OPTIMAS.





Рис. 3*. Терминал Бремеской логистической группы (“БЛГ Логистик”), г. Бремен (Германия).
Время эксплуатации мощения – 30 лет.



Рис. 4. Терминал “Стейнверг”, г. Роттердам (Нидерланды).

*Примечание. Фото (рис. 3, 4 и 5) 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. 5. Терминал “Хартел”, г. Роттердам (Нидерланды).
Мощение выполнено в 2009 году.

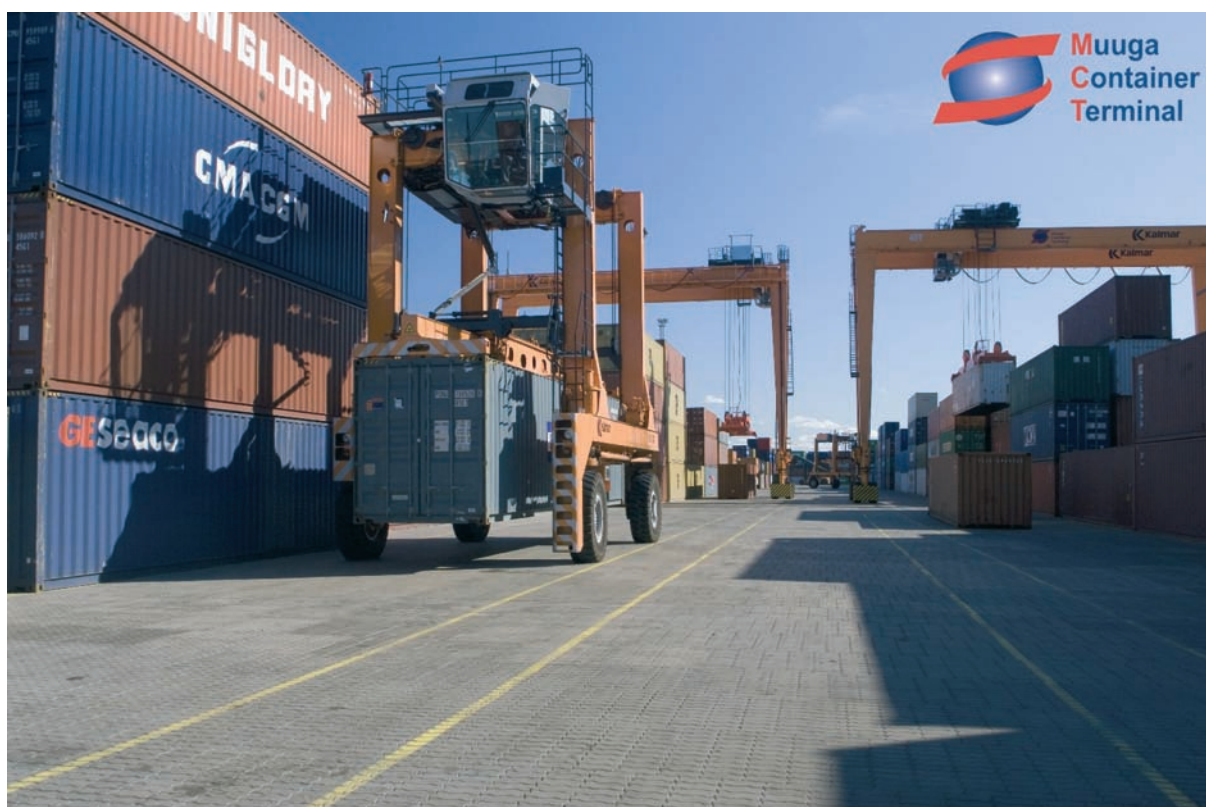


Рис. 6. Мощение в контейнерного терминала Мууга в порту Мууга (Эстония), 2006 г.
Фото предоставлено представителем компании “ОПТИМАС” в России, Евгением Сорокиным.



Рис. 7. База для перегрузки контейнеров в Чехии (2008 г., 80 тыс. кв.м).
Фото предоставлено представителем компании "ОПТИМАС".



Рис. 8. Порт, Бахрейн (2007 г., 200 тыс. кв.м). Фото Kerry Evans.



Рис. 9. Порт, Бахрейн (2007 г., 200 тыс. кв.м). Фото Kerry Evans.

4. Основные положения по конструированию и расчёту

4.1. Общие положения

Нормативные нагрузки на дорожное покрытие портовых территорий, определяют по РД 31. 3. 05-97 “Нормы технологического проектирования портов” и РД 31.3.01.01-93 “Руководство по технологическому проектированию морских портов” в зависимости от технологического назначения площадок.

Дорожные одежды из мелкоштучных элементов мощения по сопротивлению нагрузкам и характеру деформирования занимают промежуточное положение между жесткими и нежесткими одеждami. Для характеристики таких одежд можно применять термин “полужесткие”, который ранее использовался в литературе по дорожному строительству и относился к мостовым из колото-го камня и пакеляжа. В полужестких одеждах один или несколько слоев обладают сопротивлением изгибу, но значительно меньшим, чем у жестких одежд.

Расчёт полужестких одежд выполняется по методике, разработанной для нежестких дорожных одежд. Поэтому, основным документом для расчета дорожных одежд с покрытием из камней мощения является ОДН 218.046-01 “Проектирование нежестких дорожных одежд”.

Проектирование дорожной одежды является очень трудоёмким и ответственным процессом, требующим от проектировщика не только значительных затрат времени на выполнение расчетов, но и высокой квалификации. Практическая реализация методик проектирования дорожных одежд становится возможной только благодаря применению современного программного обеспечения, например, программного продукта “Топоматик Robur - Дорожная одежда” (<http://topomatic.ru/>).

В перечне вводимых в программу исходных данных, как правило, используются расчетные модули упругости материала каждого слоя. Следует отметить, что дорожное покрытие из камней мощения состоит из отдельных связанных друг с

другом посредством сил заделки элементов. Нормативных расчетных характеристик конструктивного слоя дорожной одежды из камней мощения не имеется.

Поэтому, можно рекомендовать несколько проверенных на практике подходов к моделированию покрытия из камней мощения при расчетах дорожных одежд:

- 1) моделирование покрытия из камней мощения сплошным слоем;
- 2) приведение действующей на покрытие нагрузки к расчетной, с учетом реакции слоя камней (блоков).

4.2. Моделирование покрытия из камней мощения сплошным слоем

Впервые, расчёт дорожных одежд с покрытием из искусственных камней мощения в Санкт-Петербурге были выполнены Кафедрой автомобильных дорог Санкт-Петербургского архитектурно-строительного университета (бывший ЛИСИ) в 1996 году. Расчёты выполнялись в рамках разработки Руководства по конструкциям, технологии устройства и требованиям к дорожным покрытиям из искусственных камней в Санкт-Петербурге (ответственный исполнитель, к.т.н. Симановский А. М.) [4].

Руководство разрабатывалось по заданию Департамента по благоустройству и дорожному хозяйству Мэрии Санкт-Петербурга для территорий, на которых не предусматривалось систематическое движение, но был возможен въезд транспортных средств с нормативной нагрузкой на ось до 10 тонн.

Расчёт дорожной одежды выполняется как многослойного полупространства на сдвиговые напряжения в грунте и слоях из слабосвязных материалов, на сопротивление при изгибе монолитных слоев и по общему модулю упругости. При этом в расчёт вводится модуль упругости сборного покрытия.

Расчётные модули упругости покрытия из искусственных камней мощения

$K_{\text{пр}}$	0,63	0,84	0,87	0,90	0,94	1,0	1,05
E_1	2 790	2 437	2 290	2 126	1 920	1 620	1 350
E_2	3 160	2 762	2 600	2 410	2 180	1 840	1 534

Примечание: E_1 – расчётный модуль упругости для искусственных камней простой формы с плоскими гранями, E_2 – то же для камней с горизонтальной связью.

<p>СОГЛАСОВАНО Директор Петербургского филиала СООЗДОРНИИ д.т.н. профессор Ю.М.ВАСИЛЬЕВ 1995 г.</p> <p>УТВЕРЖДАЮ Директор департамента по благоустройству и дорожному хозяйству г. Санкт-Петербурга С.И.САМАНОВ 12.12.2005 г.</p> <p>РУКОВОДСТВО ПО КОНСТРУКЦИЯМ, ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА И ТРЕБОВАНИЯМ К ДОРОЖНЫМ ПОКРЫТИЯМ ИЗ ИСКУССТВЕННЫХ КАМНЕЙ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ</p> <p>Ответственный исполнитель кандидат техн. наук А.М.СИМАНОВСКИЙ</p> <p>Санкт-Петербург 1995 г.</p>	<p>СОДЕРЖАНИЕ</p> <p>Стр.</p> <p>ВВЕДЕНИЕ 3</p> <p>1. УСТРОЙСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ТРОТУАРОВ И ПЛОЩАДОК С ПОКРЫТИЕМ ИЗ ИСКУССТВЕННЫХ КАМНЕЙ..... 3</p> <p>1.1. Техническая характеристика искусственных камней..... 3</p> <p>1.2. Особенности проектирования тротуаров с покрытием из искусственных камней..... 8</p> <p>2. ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ТРОТУАРОВ С ПОКРЫТИЯМИ ИЗ ИСКУССТВЕННЫХ КАМНЕЙ..... 13</p> <p>2.1. Подготовка земляного полотна и основания..... 13</p> <p>2.2. Устройство покрытия..... 15</p> <p>3. КОНТРОЛЬ И ПРИЕМКА РАБОТ.....</p> <p>4. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОКРЫТИЯ ИЗ ИСКУССТВЕННЫХ КАМНЕЙ 26</p> <p>Приложение: КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД 28</p> <p>1. Общие положения 28</p> <p>2. Расчетные нагрузки 30</p> <p>3. Расчетные характеристики материалов 32</p> <p>4. Конструкции дорожных одежд тротуаров 34</p> <p>5. Конструкции для ремонта тротуаров с использованием существующих слоев дорожных одежд 44</p> <p>6. Конструкции дорожных одежд для въездов 47</p>
---	--

Требования и рекомендации Руководства по расчету, проектированию и строительству дорожных покрытий из искусственных камней мощения применимы и для высоконагруженных территорий.

В 2006 году Кафедрой автомобильные дороги, по заказу ОАО “Ленстройдеталь” разработаны рекомендации по конструкции дорожных покрытий из искусственных камней мощения для территории ОАО “Петролеспорт” (ответственный исполнитель, к.т.н. Симановский А. М.) [1].

<p>Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет</p> <p>Автомобильно-дорожный институт</p> <p>НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ ПО ТЕМЕ: «Разработка рекомендаций по конструкции дорожной одежды с покрытием из искусственных камней мощения»</p> <p>Отчет к договору № 266-06-Т (229/12)</p> <p>Заведующий кафедрой «Автомобильные дороги», Научный руководитель, доктор технических наук, профессор Б.Н.Карпов</p> <p>Ответственный исполнитель – доцент кафедры «Автомобильные дороги», кандидат технических наук А.М.Симановский</p> <p>Санкт-Петербург, 2006 г.</p>	<p>Содержание</p> <p>1. Исходные данные 3</p> <p>1.1. Грунтовые условия 3</p> <p>1.2. Нагрузки 3</p> <p>2. Рекомендации по конструкциям покрытий..... 3</p> <p>2.1. Земляное полотно 3</p> <p>2.2. Общие положения по расчету и конструированию покрытий..... 4</p> <p>2.2.1. Основания и нормативы 4</p> <p>2.2.2. Основные принципы расчета 4</p> <p>2.2.3. Характеристики материалов 5</p> <p>2.3. Рекомендуемые конструкции для зоны движения фронтальных погрузчиков..... 6</p> <p>2.3.1. Расчетная нагрузка 6</p> <p>2.3.2. Покрытие-аналог 7</p> <p>2.3.3. Предлагаемая конструкция для зон обращения фронтальных погрузчиков 9</p> <p>2.4. Рекомендуемые конструкции для зоны движения контейнерных перегружателей 10</p> <p>2.4.1. Расчетная нагрузка 10</p> <p>2.4.2. Покрытие-аналог 10</p> <p>2.4.3. Предлагаемая конструкция для зон обращения контейнерных перегружателей 12</p> <p>2.5. Рекомендуемые конструкции для зоны складирования штабелей контейнеров 13</p> <p>2.5.1. Расчетная нагрузка 13</p> <p>2.5.2. Покрытие-аналог 15</p> <p>2.5.3. Предлагаемая конструкция для зон складирования контейнеров 16</p> <p>3. Особенности технологии работ..... 17</p> <p>3.1. Подготовка земляного полотна и слоев основания..... 17</p> <p>3.2. Устройство собственно покрытия из искусственных камней..... 19</p> <p>3.3. Контроль и приемка работ..... 21</p> <p>4. Особенности эксплуатации покрытия из искусственных камней 24</p>
---	---

Дорожные конструкции предназначались для движения фронтальных погрузчиков с нагрузкой на ось 99 тонн и контейнерных перегружателей на пневмоходу с нагрузкой 16, 2 тонны на колесо.

Основной принцип расчета заключался в следующем. Для каждой из заданных нагрузок была разработана конструкция покрытия-аналога с использованием монолитного цементобетона класса В30 на искусственном основании из укрепленного щебня; щебня, уложенного по способу заклинки и песка. Для рассчитанной таким образом конструкции определяли максимальные прогибы методами теории упругости для многослойного упруго деформируемого полупространства. Каждой полученной таким образом конструкции подбиралась эквивалентная конструкция с использованием искусственных камней мощения. Критерием эквивалентности служило равенство прогибов поверхности покрытия под нагрузкой. Все расчеты

выполнялись по одной и той же специальной программе на ЭВМ.

При этом полагалось, что дорожные покрытия из искусственных камней мощения относятся к переходным (ОДН 218.046-01), для которых принимается: коэффициент надежности 0,9 и коэффициент прочности $K_{пр}=0,94$. Для сравнения – монолитные бетонные покрытия относятся к капитальным (ВСН 197-91), для которых коэффициент надежности – 0,95, $K_{пр}=1,0$. При этом монолитное бетонное покрытие рассчитывается на больший межремонтный срок, чем покрытие из мощения, которое является более ремонтпригодным. Результатом работы стали разработанные дорожные конструкции с включением слоя основания из тощего бетона В15 (марка М200). Принципиальная конструкция дорожной одежды представлена в таблице.

№ слоя	Материал слоя	Модуль упругости, МПа
1	Искусственные камни прямоугольные в плане с вертикальными боковыми гранями	1620
2	Выравнивающий слой из песка средней крупности	120
3	Верхний слой основания из бетона В15 (марка М200)	24000
4	Второй слой основания из щебня, укрепленного цементом марки не ниже 75.	1000
5	Третий слой основания из фракционного щебня, уложенного по способу заклинки	400
№ слоя	Материал слоя	Модуль упругости, МПа
6	Разделительная прослойка из геосинтетического полотна	–
7	Дополнительный морозозащитный слой основания из песка средней крупности	120
8	Грунт рабочего слоя песок пылеватый	60

В 2006 году главный научный сотрудник ОАО “Ленморниипроект”, д. т. н. Ю. И. Василевский подготовил к изданию пособие “Покрытия портовых территорий” [6]. В пособии приведена рекомендуемая конструкция дорожной одежды с покрытием из искусственных камней мощения и приведена методика расчета. Следует отметить, что в данной конструкции основание из тощего бетона отсутствует. Дорожная одежда усиливается слоями из геотекстиля и геосетки.

В пособии, дорожные покрытия из искусственных камней мощения (блочные покрытия) предлагается рассчитывать в последовательности:

- на осадку грунтового основания, в результате которого принимается решение о необходимости

(или об отсутствии необходимости) глубинного уплотнения грунтового основания;

- на устойчивость грунтового основания по глубинному сдвигу, в результате которого принимается решение о необходимости (отсутствии необходимости) частичной или полной замены слабого слоя грунта;

- на прочность слабых слоев грунтового основания при действии сосредоточенной нагрузки без учета или с учетом использования упрочняющего грунт геотекстиля, в результате которого уточняются толщины слоев и вид материалов искусственного основания, а также необходимость применения геотекстиля.

Проект	СОДЕРЖАНИЕ
ПОКРЫТИЯ ПОРТОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ	1 Область применения 4
ПОСОБИЕ	2 Определения 4
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ, СТРОИТЕЛЬСТВУ	3 Общие требования к портовым покрытиям 5
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОКРЫТИЙ ТЕРРИТОРИЙ	4 Материалы для портовых покрытий 11
МОРСКИХ И РЕЧНЫХ ПОРТОВ	4.1 Бетоны 11
	4.2 Асфальтобетоны 15
	4.3 Материалы для искусственных оснований 16
	4.4 Полимерные материалы для портовых покрытий (геотекстиль, георешетки, теплоизоляционные, водонепроницаемые, волокнистые добавки в бетоны) 19
	5 Нагрузки 23
	6 Основные виды покрытий 28
	6.1 Блочные покрытия 28
	6.2 Монолитные бетонные покрытия 31
	6.3 Монолитные железобетонные покрытия 35
	6.4 Армобетонные монолитные покрытия 37
	6.5 Сборные железобетонные покрытия 37
	6.6 Асфальтобетонные покрытия 39
	7 Водоотводные устройства 41
	8 Сопрежения покрытий с рельсовыми путями и инженерными сетями 45
	9 Грунтовое основание 54
	10 Искусственное основание 57
	11 Расчет портовых покрытий 60
	11.1 Общие положения по расчету 60
	11.2 Осадка грунтового основания 63
	11.3 Устойчивость грунтового основания по глубинному сдвигу от вертикальных нагрузок 67
	11.4 Расчет покрытий на прочность по нормальным напряжениям от вертикальных нагрузок в слоях искусственного и грунтового оснований 72
	11.5 Расчет блочных покрытий 76
	11.6 Расчет монолитных бетонных и армобетонных покрытий 77
	11.7 Расчет монолитных железобетонных покрытий 81
	11.8 Расчет сборных железобетонных покрытий с обычной и предварительно напряженной арматурой 83
	11.9 Расчет асфальтобетонных покрытий 88
	12 Особенности проектирования и строительства покрытий портовых территорий в условиях сложных грунтовых оснований 92
	13 Основные положения по технической эксплуатации 103
	Приложения 112
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ 2006	

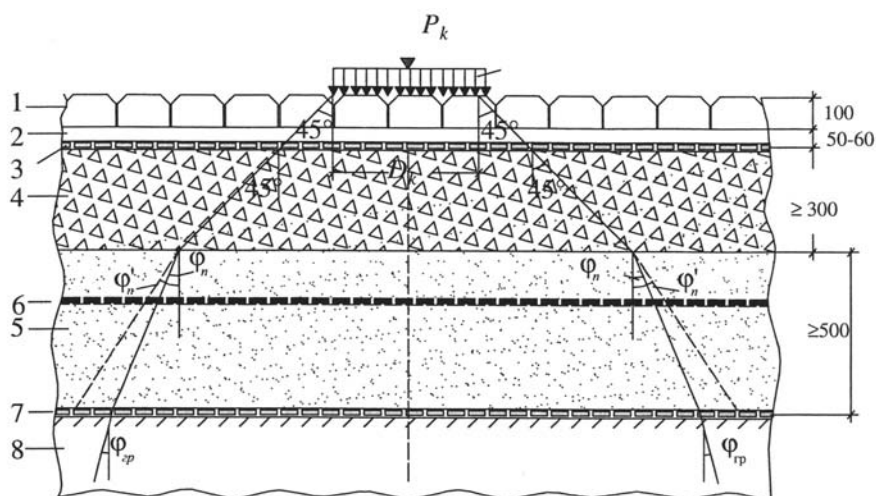


Рис. 10. Рекомендуемая конструкция блочных покрытий в портовых условиях:
 1 – искусственные камни мощения; 2 – прослойка песка; 3 и 7 – геотекстиль; 4 – щебень; 5 – песок;
 6 – геосетка (георешетка) для увеличения площади передачи нагрузки на грунтовое основание, ставится по расчёту; 8 – верхний слой грунтового основания; φ_n – угол внутреннего трения песка; φ'_n – условный угол внутреннего трения “армированного” слоя песка.

Расчётами дорожных одежд с покрытием из искусственных камней мощения занималась компания ООО “АзьПроектСтрой”. Компанией, по заказу ОАО “Ленстройдеталь” разработаны варианты конструкций дорожных одежд с применением в несущих слоях полипропиленовых георешеток (геосеток) для терминала “ЮГ-2” и “Балтийского металлургического терминала”.

4.3. Приведение нагрузки, действующей на покрытие с учётом реакции слоя камней (блоков)

Данный метод расчета предложен А. В. Горенко в диссертации “Исследование прочностных и деформативных свойств покрытий из бетонных блоков при проектировании, строительстве и эксплуатации портовых территорий” [8].

На основе экспериментальных данных было рассчитано, какая часть нагрузки воспринимает-

ся 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:

$$\begin{aligned} \text{при } h_{\text{бл}}=60\text{мм} - R_{\text{бл}} &= 0,50P \\ h_{\text{бл}}=80\text{мм} - R_{\text{бл}} &= 0,62P \\ h_{\text{бл}}=100\text{мм} - R_{\text{бл}} &= 0,74P. \end{aligned}$$

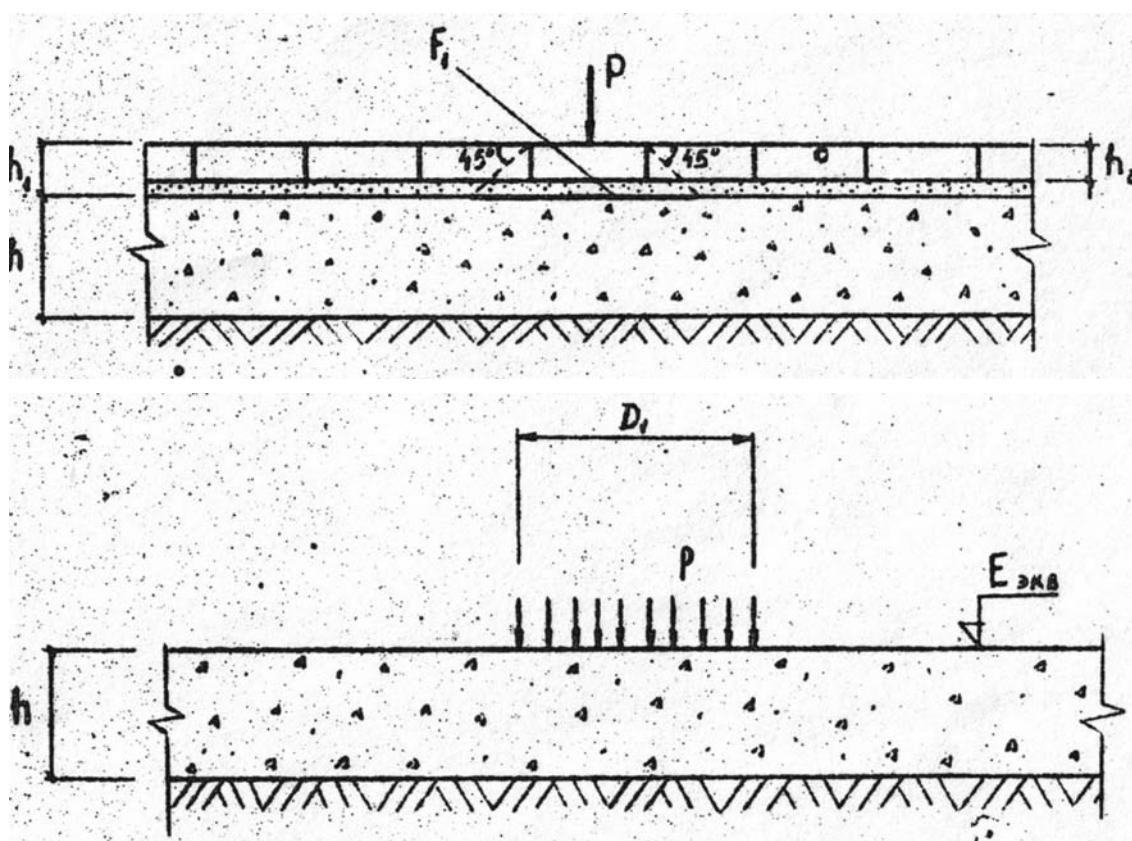
Согласно данным исследований Ассоциации цемента и бетона Великобритании блоковое покрытие распределяет прикладываемую нагрузку

P на нижележащее грунтовое основание под углом в 45° по площади F_l . Интенсивность нагрузки, действующей на грунтовое основание, учитывая реакцию слоя блоков равна:

$$p = (P - R_{\text{бл}}) / F_l (*)$$

Блоковое покрытие рассматривается как многослойная конструкция на линейно – деформируемом полупространстве. Для расчёта требуемой толщины подстилающего слоя многослойная конструкция приводится к двухслойной системе, на поверхности которой действует нагрузка интенсивностью p (формула *), распределенная по кругу площадью F_l .

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



Расчетная схема к определению толщины подстилающего слоя.

4.4. Результаты расчёта на сосредоточенные нагрузки

Большие сосредоточенные нагрузки на дорожное покрытие могут возникать от контакта фитингов контейнеров. Диаметр круга, равновеликого площади отпечатка фитинга на покрытии составляет всего 17 см. За счет массы контейнеров и динамических нагрузок при погрузочно-разгрузочных операциях создается очень большое

давление на покрытие. Расчёты показывают, что при этом возможно:

- разрушение искусственных камней, на которые опираются фитинги;
- локальная осадка камней;
- появление нескольких точек опирания контейнера из-за его собственного прогиба или неровности ребер, а также неровностей и деформирования искусственного покрытия терминала.

Если деформация дорожного покрытия превышает 12 мм, контейнеры опираются на свою нижнюю часть, что недопустимо с точки зрения конструктивных возможностей контейнеров.

Надо отметить, что разрушение дорожных покрытий любых типов из-за больших контактных давлений в зоне фитингов – довольно частое явление (рис. 11).

Для предотвращения разрушений камней мощения в зонах складирования контейнеров, мо-

гут применяться специальные железобетонные плиты-подпятники. Вариант железобетонной плиты ПМ1 с опорными металлическими площадками для опоры фитингов при пятирусном хранении контейнеров представлен на рис. 12.

В зоне складирования контейнеров целесообразно применять камни мощения с вертикальными и горизонтальными связями, например “Verticom” (рис. 16).

Схема армирования плиты ПМ1

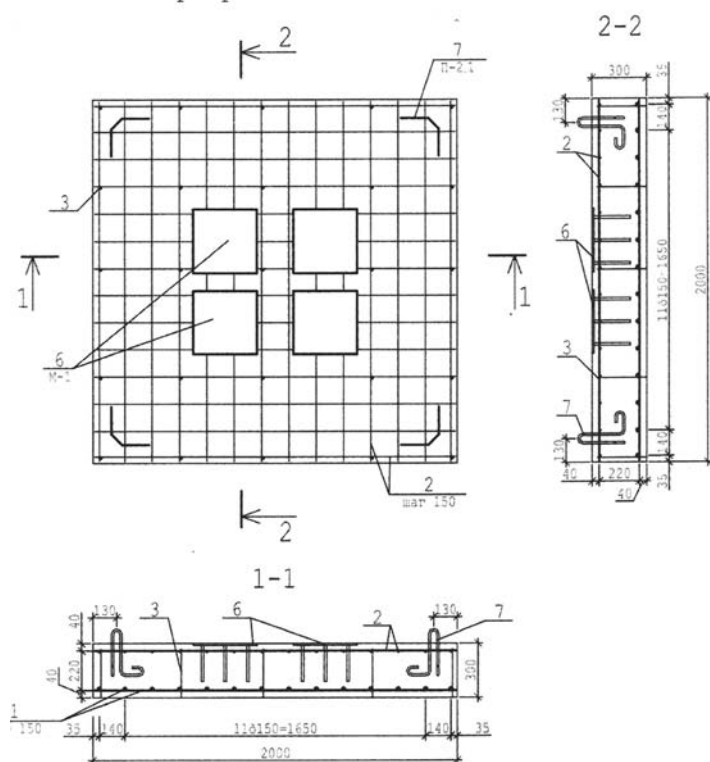


Рис. 11. Разрушение монолитного железобетонного покрытия

Рис. 12. Вариант армирования железобетонной плиты-подпятника (разработчик ООО “АзьПроектСтрой”).

5. Опыт проектирования и строительства в Санкт-Петербурге

5. 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.

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

Карточка объекта

“Мощение дорожных покрытий контейнерного терминала ОАО “Петролеспорт”

Общая информация

Сроки реализации проекта: 2007 – 2009 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 перегрузчиков на пневмоходу – 16,2 т на колесо.

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.

Конструкция дорожного покрытия из искусственных камней 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”. Этот вариант и был принят заказчиком для реализации.

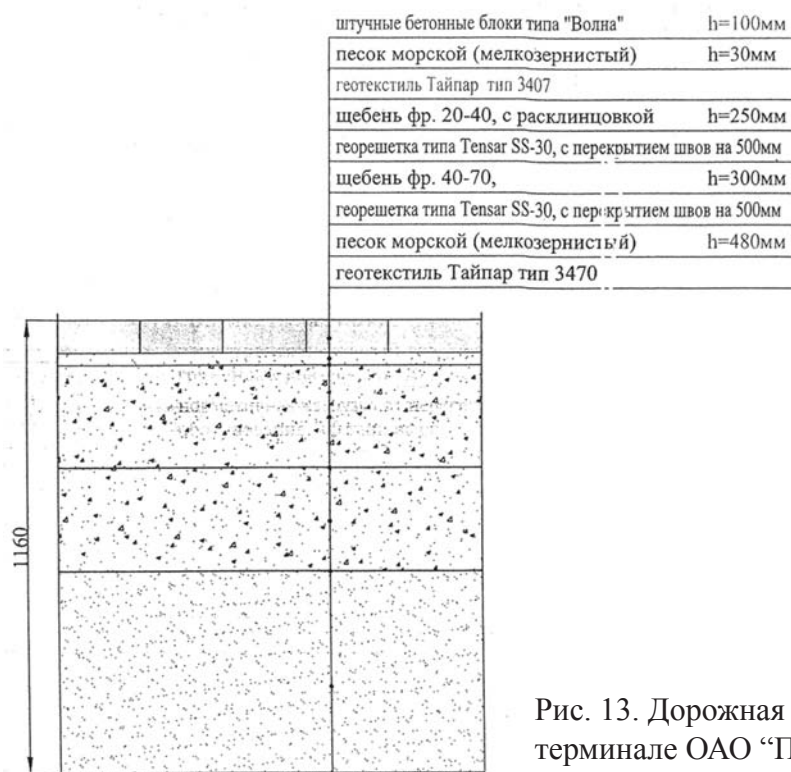


Рис. 13. Дорожная конструкция на контейнерном терминале ОАО “Петролеспорт”.

5. 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.

Карточка объекта

“Мощение дорожных покрытий многопрофильного перегрузочного комплекса “ЮГ-2”

Общая информация

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 коричневатый (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, 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.).

**Фотогалерея работ по мощению.
ОАО Петролеспорт.**



Устройство канализационных колодцев



Дорожная конструкция



Подготовка основания



Процесс мощения



Процесс мощения



Исправление дефектов укладки



Готовое покрытие



Готовое покрытие

Первоначально проектная организация ГТ “Морстрой” предлагала заказчику традиционное монолитное железобетонное покрытие (рис. 14).

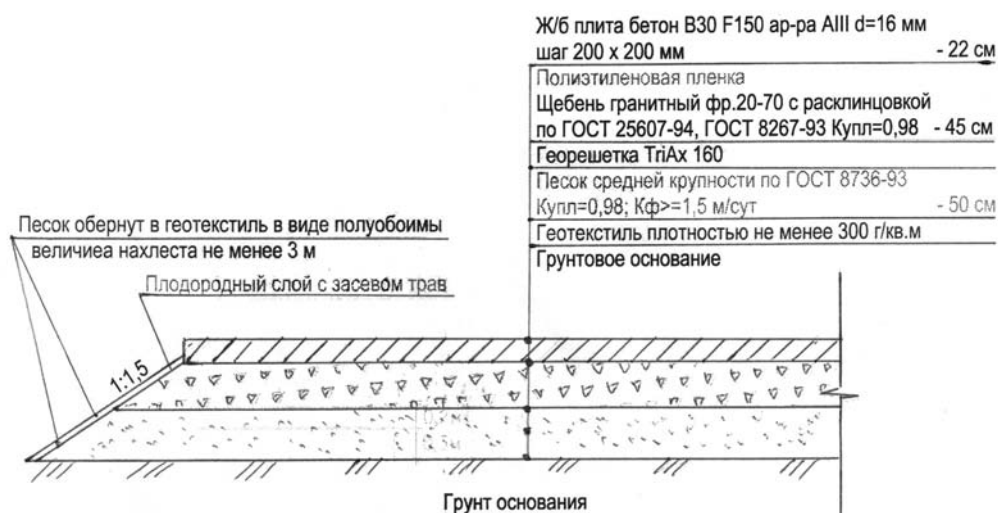




Рис. 14. Проектируемое монолитное железобетонное покрытие.

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”.

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

Фотогалерея работ по мощению.
МПК «Юг-2».



Строительная площадка перед началом работ



Установка бортового камня для закрепления
краев мощения



Применение телескопического рубанка фирмы
“PROBST” для подготовки основания



Процесс укладки камней с помощью машины
“OPTIMAS”



Резиновый молоток для подгонки камней после
укладки. На фото виден дефект мощения из-за
некачественной подготовки основания



Извлечение половинок камней специальным
захватом с целью их последующей замены на
целые для образования перевязки рядов мощения

**Фотогалерея работ по мощению.
МПК «Юг-2».**



Щетки для прометания швов (навесное оборудование к машине OPTIMAS)



Готовое покрытие



Устройство монтажного слоя
асфальтоукладчиком



Ливневый колодец



Примыкание дорожного покрытия к бортовому
камню



Примыкание камней мощения к монолитному
железобетонному покрытию причала

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. 15. Дорожное покрытие из искусственных камней мощения «Волна «UNI» на терминале «Юг-2».

5. 3. Логистический центр Корпорации “Стерх” в Осиновой роще

В 2007 году Корпорация «Стерх» открыла логистический центр в Осиновой роще, представляющий 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.



Карточка объекта

“Мощение дорожных покрытий логистического склада Корпорации “Стерх” в Осиновой роще”

Общая информация

Сроки реализации: 2011-2012 г.

Заказчик: Корпорация “Стерх”.

Расчет дорожной конструкции выполнен ООО “АзъПроектСтрой”.

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

Грунтовые условия

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).

Расчёт дорожных конструкций, по просьбе Заказчика, выполнило ООО “АзъПроектСтрой”. Принятая конструкция представлена в таблице:

Материал слоя	Толщина слоя, см
Искусственные камни мощения тип «Eskoo-Six»	10
Гранитный отсев	≤5
Щебень гранитный М 1000-1200 фр. 25-60, либо 40-70 мм с заклинкой фракционированным мелким щебнем, $K_y=0,98$	65
Геосетка «Fornit 40/40»	-
Песок средней крупности, содержание пылевато-глинистой фракции 5%, $K_y=0,98$	30
Геотекстиль «Тураг SF40»	-
Грунт основания. $K_y=0,95$	-

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

- 1) хорошая ремонтпригодность мощения (для ремонта не требуется специальной техники и оборудования)
- 2) дешевле, чем монолитные железобетонные покрытия;
- 3) сроки производства работ – осень, когда качественное строительство монолитного железобетонного покрытия может быть затруднительно в связи с погодными условиями.

6. Эксплуатация

Наблюдения за выполненными участками мощения на терминалах “Петролеспорт” и “ЮГ-2” показали, что в целом их состояние удовлетворительное (см. иллюстрации). В 2009 году на территории ОАО “ПЕТРОЛЕСПОРТ” компанией “Гранд Массар” были проведены штамповые испытания дорожных одежд с покрытием из искусственных камней мощения, которые подтвердили их хорошую работоспособность (результаты штамповых испытаний приведены в приложении 1).

Разрушение камней мощения происходит в зоне опор фитингов контейнеров, что является прогнозируемым явлением (рис.16).

Текущий ремонт покрытий из штучных блоков производится при местных повреждениях покрытия и состоит из:

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

При этом не требуется приме-

ние 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).

Основные положения по эксплуатации дорожных покрытий из камней мощения изложены в приложении 2. Зимняя уборка осуществляется машинами оборудованными отвалами и щетками.



Рис. 16. Разрушение дорожных покрытий из искусственных камней мощения в зоне контакта с фитингами.

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



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 в течение недели

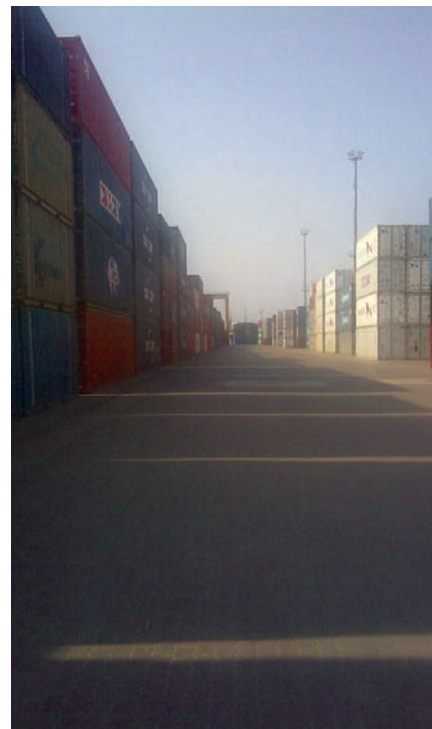


Скалывание углов некоторых камней мощения – редкий дефект покрытия. Возможные причины:
1) выступ камня над общим уровнем покрытия;
2) значительная сосредоточенная нагрузка на покрытие (металлические предметы и т. п.)

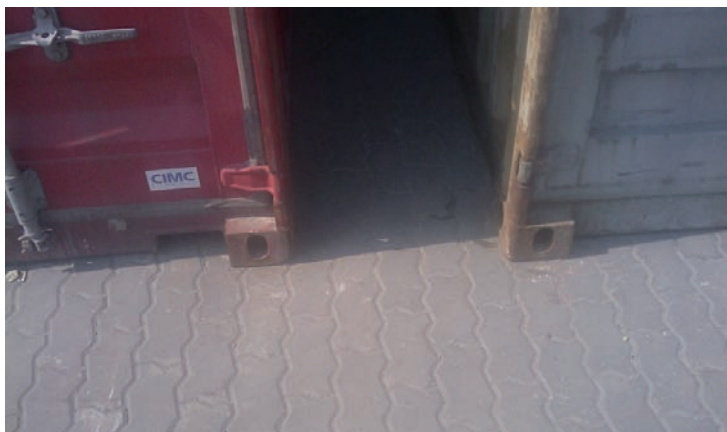
Терминал “Петролеспорт” (2010 г. – два года после начала эксплуатации)



Грузовой проезд. Продольная ось мощения совпадает с направлением движения транспорта и контейнерного перегружателя. В контакте с колесом автомобиля находится строго определенное количество рядов камней. Со временем возможно образование колеи. На момент фотосъемки колеи отсутствуют.



В левой части фотоснимка видны следы от колес контейнерного перегружателя. Видимая колея отсутствует.



Состояние дорожного покрытия в зоне фитингов контейнеров. Видна деформация покрытия от значительных сосредоточенных нагрузок.

На лицевой поверхности камней начинается процесс разрушения.

В зонах опоры фитингов рекомендуется устанавливать подпятники – опорные плиты, распределяющие нагрузку, или с течением времени разрушенные камни могут быть заменены на целые.

Парк уборочной техники на терминале ЮГ-2 в порту Усть-Луга



ЛИТЕРАТУРА

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. Горенко А. В. Исследование прочностных и деформативных свойств покрытий из бетонных блоков при проектировании, строительстве и эксплуатации портовых территорий.: Дис. канд. техн. наук. – Одесса.: Одесская государственная академия строительства и архитектуры, 1994 г.

Результаты исследований работы дорожных покрытий из искусственных камней мощения.

В данном разделе обобщены результаты отечественных и зарубежных исследований по дорожным покрытиям из искусственных камней мощения.

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. Неоснованное 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].

Протяженность швов:

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

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:

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

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 плитах – 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.

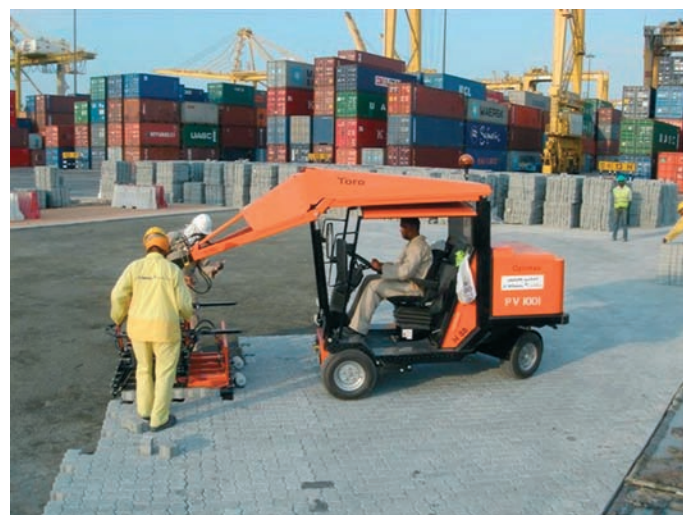


Рис. 17. Мощение территории порта. Раскладка камней под углом 45° к оси проезда (фото предоставлено компанией “OPTIMAS”).

Кроме того, раскладка камней мощения под углом 45° к оси движения основной движущейся нагрузки способствует снижению шума при движении.

Неправильно



Направление движения.

Продольная ось мощения совпадает с направлением движения транспорта.
В контакте с колесом автомобиля находится строго определенное количество рядов камней.
Вероятность образования колеи и износа, например, по направлению въезда в гараж.

Правильно



Направление движения.

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

Рис. 18. Неправильная и правильная раскладка камней мощения в дорожном покрытии.

При механизации работ по мощению камни мощения укладываются в покрытие картами (рис. 19).

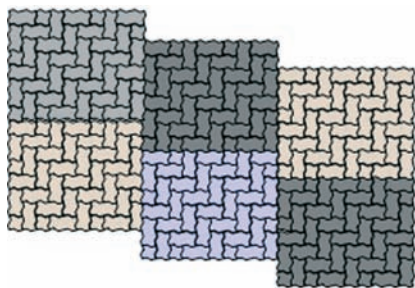


Рис. 19. Вариант раскладки камней мощения “Волна “UNI” при механизированной укладке.

Карта соответствует одному ряду искусственных камней уложенных в поддоне.

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 ROMEX (www.pavingmaster.ru). quick-mix (www.quick-mix.com/ru) и др.

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.

Распределяющая способность бетонных блоков на глубине верха основания

Форма блока	Размеры блока, см	Прикладываемое давление, кН/м^2			
		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. 20). Здесь видно, что при увеличении статической нагрузки совместность работы блоков возрастает. Так, давление от нагрузки в 120 кН/м^2 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.

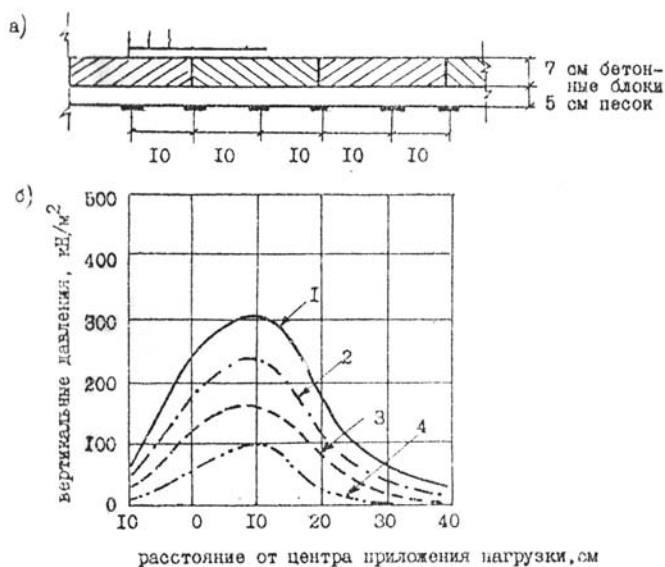


Рис. 20. Изменение давления в верхнем слое основания в зависимости от прикладываемой нагрузки: а) схема испытаний; б) кривые изменения давлений от прикладываемой нагрузки: 1 - 510 кН/м^2 ; 2 - 380 кН/м^2 ; 3 - 250 кН/м^2 ; 4 - 120 кН/м^2 .

Распределяющая способность фигурных блоков во многом зависит от модуля упругости основания. Были испытаны тротуары с покрытиями из блоков в форме трёхлистника, на песчаном основании с модулем упругости $23,0 \text{ МПа}$ и коэффициентом уплотнения $\sim 0,96$, 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. 21) характеризуют влияние основание на величину передаваемой нагрузки.

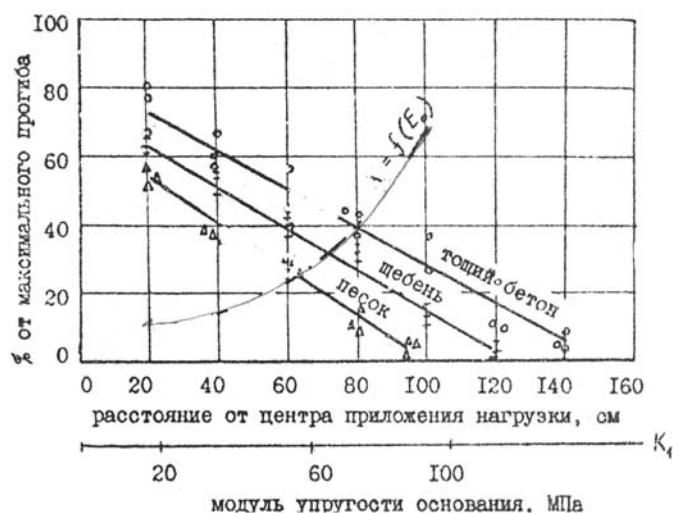


Рис. 21. Распределяющая способность фигурных блоков на различных основаниях.

Особенно большое влияние на совместность работы блоков в покрытии имеют характер и полнота заполнения швов. На рис. 22 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.

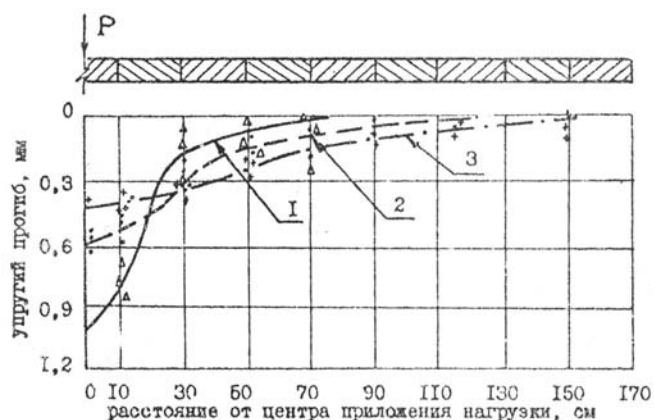


Рис. 22. Эпюра чаши прогибов от нагрузки: 1- для блочного покрытия с заполненными песком швами; 2- для блочного покрытия с заполненными швами; 3-для монолитного бетонного покрытия той же толщины.

Результаты зарубежных исследований изложенных в работе Н.С. Павловой подтверждают эксперименты Ю.Б. Костинова выполненные в рамках диссертационной работы по исследованию влияния параметров покрытия из искусственных камней мощения на прочность дорожной одежды [2]. Исследования проводились в грунтовой лотке (рис. 23).

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

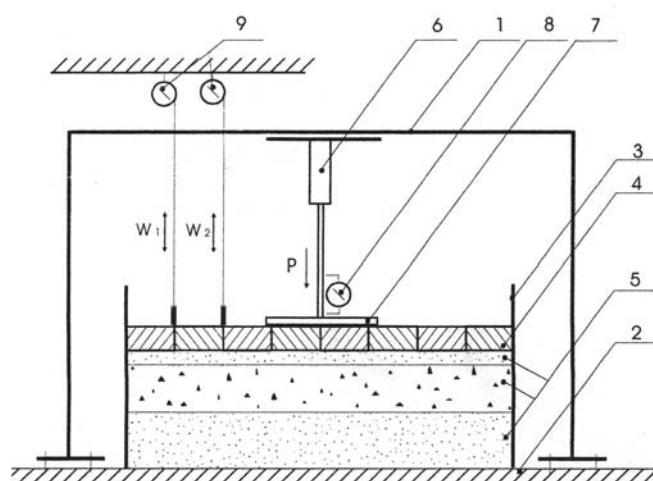
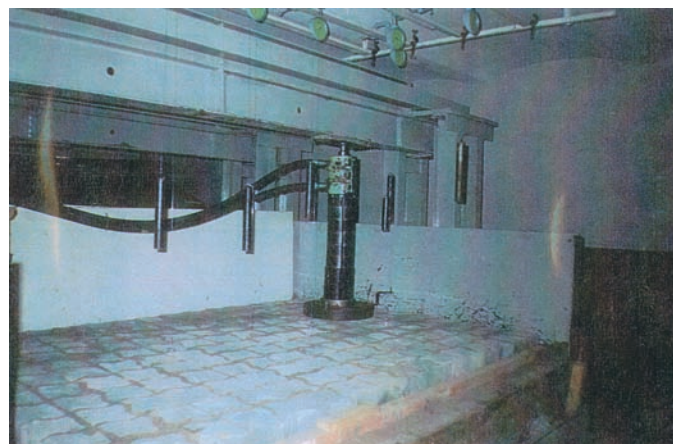


Рис. 23. Общий вид и схема испытательной установки:

1-металлическая рама; 2-фундамент; 3-металлический ящик; 4-искусственные камни мощения; 5-слои 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 смещения 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.

Штамповые испытания дорожных покрытий из искусственных камней мощения в натурных условиях.

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



Рис. 24. Проведение штампового испытания.

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. 24).

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. 25.

Модуль упругости дорожной одежды с покрытием из искусственных камней мощения при нагрузке на штамп 5,65 т – $E_{\text{упр}} = 2\,298,9 \text{ кгс/см}^2$, а без камней мощения – $E_{\text{упр}} = 1\,733,3 \text{ кгс/см}^2$, что практически на 25% меньше. 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.

Диаметр штампа, см	Площадь штампа, см ²	Нагрузка на штамп, т	Давление под штампом, кгс/см ²	Показания профилометров при нагружении			Общие осадки штампа			Сообщ D	Модуль де- формации, Едеф., кгс/см ²	Показания профилометров после разгрузки			Упругие осадки штампa Symp., мм			Symp D	Symp S ₀ D	Сост	Модуль упругости Еупр., кгс/см ² куб.	Коэф-т постели, кгс/см ³ куб.	Соотноше- ние Еупр./Едеф	Среднее значение соотношения Еупр./Едеф(VI- VIII ст.)			
				H21	H22	H23	S1	S2	S3			S _{сер.}	H21	H22	H23	S1	S2								S3	S _{сер.}	
30	707			0,00	0	0	0	0	0	0,00000		0	0	0	0	0	0										
		0,71	1,00	35	35	35	0,4	0,4	0,4	0,35	0,00117	616,2	14	14	14	0,2	0,2	0,2	0,21	0,00070	0,600	0,14	1027,0	20,00	1,66666667		
		1,41	2,00	75	75	75	0,8	0,8	0,8	0,75	0,00250	575,1	38	38	38	0,4	0,4	0,4	0,37	0,00123	0,493	0,38	1165,8	18,67	2,02702703		
		2,12	3,00	105	105	105	1,1	1,1	1,1	1,05	0,00350	616,2	55	55	55	0,5	0,5	0,5	0,50	0,00167	0,476	0,55	1294,0	20,00	2,1		
		2,83	4,00	134	134	134	1,3	1,3	1,3	1,34	0,00447	643,8	68	68	68	0,7	0,7	0,7	0,66	0,00220	0,493	0,68	1307,1	20,90	2,03030303		
		3,53	5,00	157	157	157	1,6	1,6	1,6	1,57	0,00523	686,8	82	82	82	0,8	0,8	0,8	0,75	0,00250	0,478	0,82	1437,8	22,29	2,09333333		
		4,24	6,00	178	178	178	1,8	1,8	1,8	1,78	0,00593	920,2	95	95	95	0,8	0,8	0,8	0,83	0,00277	0,466	0,950	1973,5	33,71	2,14457831		
		4,95	7,00	195	195	195	2	2	2	1,95	0,00650	980,0	104	104	104	0,9	0,9	0,9	0,91	0,00303	0,467	1,040	2100,0	35,90	2,14285714		2,169496029
		5,65	8,00	211	211	211	2,1	2,1	2,1	2,11	0,00703	1035,1	116	116	116	1	1	1	0,95	0,00317	0,450	1,160	2298,9	37,91	2,22105263		2,169496029

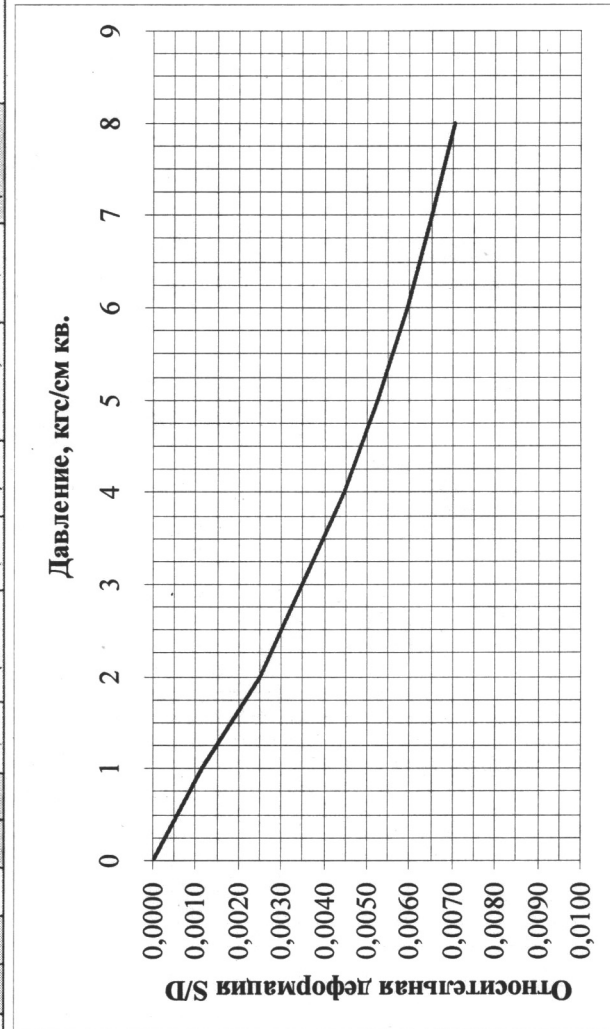
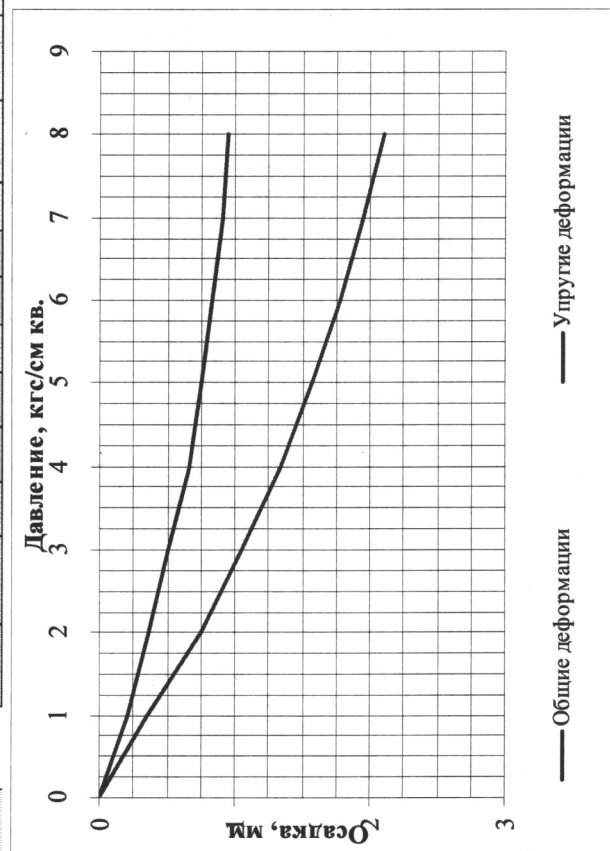


Рис. 25. Пример результатов штамповых испытаний дорожной одежды с покрытием из искусственных камней (точка № 3).

Правила транспортировки, укладки и эксплуатации искусственных камней мощения

Настоящие правила распространяются на искусственные камни мощения производства ОАО “Ленстройдеталь”.

Требования к искусственным камням мощения содержатся в следующих документах: ГОСТ 17608-91 “Плиты бетонные тротуарные. Технические условия”, ТУ 5746-001-33157194-97 “Камни искусственные покрытий дорог”, ТУ 5746-018-03984296-2004 “Изделия бетонные тротуарные” и ТУ 5746-020-03984296-2005 “Плиты бетонные тротуарные с фактурной поверхностью”.

1. 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.

2. 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.

3. 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 металлические инструменты, либо молотки из твердых пород дерева.

4. Ввод в эксплуатацию дорожного покрытия из искусственных камней мощения осуществляется не ранее, чем через 7 дней после устройства слоя основания из материала, обработанного цементом. До указанного срока запрещается движение автотранспортных средств.

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

6. Песок для заполнения швов между камнями мощения, по возможности, следует оставить на покрытии на 1-2 недели. Удаление песка механическим способом возможно только после ста-

билизации камней в покрытии и четкого обозначения стыковых швов.

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

8. В течение 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). В небольших объемах такое явление допустимо, поскольку не влияет на прочностные свойства покрытия. Для удаления высолов и их профилактики следует применять специальные средства - очистители и гидрофобизаторы, например, компании ПЕНТА (www.penta-91.ru).

9. Во избежание разрушения декоративного слоя камня и его лицевой поверхности, не рекомендуется использовать для уборки инструменты с металлической рабочей частью или поверхностью. В зимний период, при уборке покрытия нельзя применять средства, содержащие техническую соль. В качестве антигололедных средств рекомендуется применять песок или гранитную крошку. Уборка промышленных территорий (контейнерные терминалы, складские площадки и др.) осуществляется по специально разработанному регламенту.

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

11. В течение всего времени эксплуатации покрытия следует следить за заполнением швов. Швы должны быть заполнены на всю высоту материала заполнителя.

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

Приложение 3

Конструктивные решения: сопряжения с другими видами покрытий, закрепление краёв, мощение межрельсового пространства*

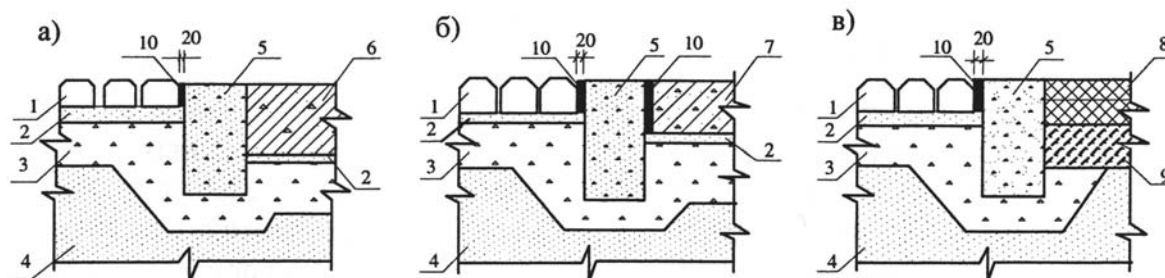


Рис. 26. Сопряжение блочных покрытий с другими видами покрытий

а) монолитным бетонным (железобетонным), б) сборным железобетонным, в) асфальтобетонным, 1-камни мощения, 2-прослойка песка, 3-щебень; 4-песок; 5-бортовой бетонный камень 180х300х1000 мм; 6-монолитное бетонное (железобетонное) покрытие; 7-сборные железобетонные плиты; 8-двух-слойное асфальтобетонное покрытие; 9-щебень, пролитый битумом; 10-залитка битумной мастикой.

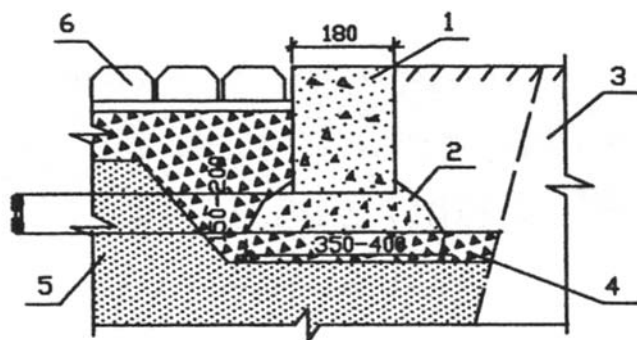


Рис. 27. Сопряжение с открытым грунтом
1-бортовой камень 180 х 300 х 1000 мм;
2-бетонная подушка; 3-грунт; 4-щебень;
5-песок; 6-камни мощения.

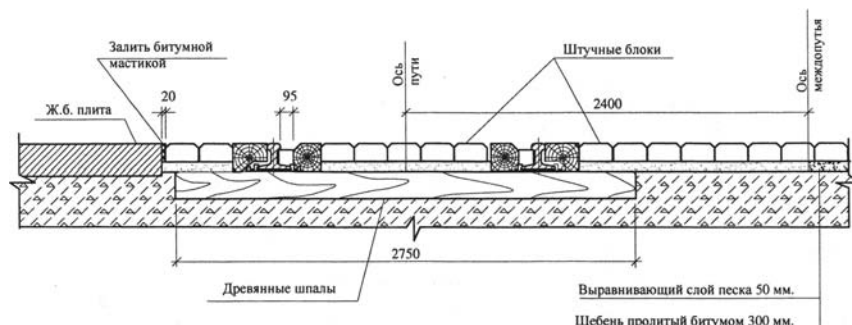


Рис. 28. Конструкция железнодорожного переезда и устройство дорожного покрытия в районе железнодорожных путей с использованием камней мощения.

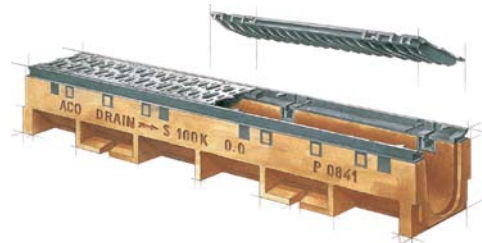
*Примечание. Материалы из пособия “Покрытия портовых территорий” (Проект). ОАО “Ленморниипроект”. Ответственный исполнитель гл. научный сотрудник Васильевский Ю. И., 2006 г.

Элементы водосборной системы АСО (www.acodrain.ru)

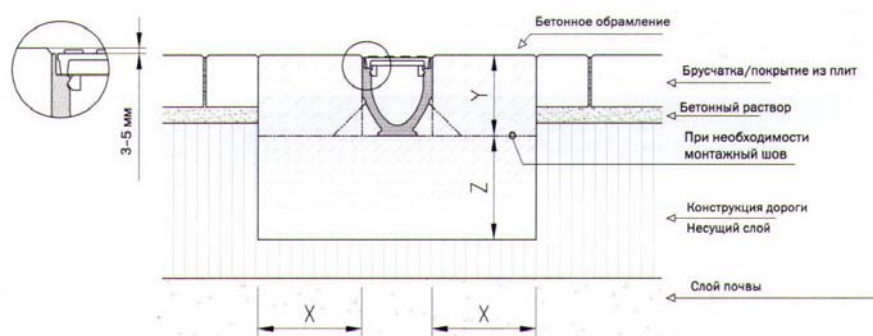
Система линейного водоотвода АСО DRAIN S 100-300

Класс нагрузки: от А 15 до F900 (до 90 тонн)

Преимущества: разработана специально под большие нагрузки, решётка с самофиксирующимся замком



Установка в брусчатке (класс нагрузки D 400 – E 600)



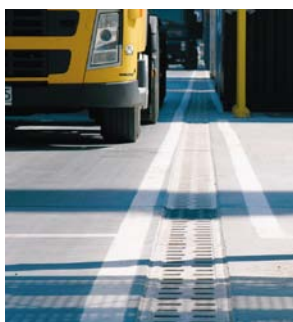
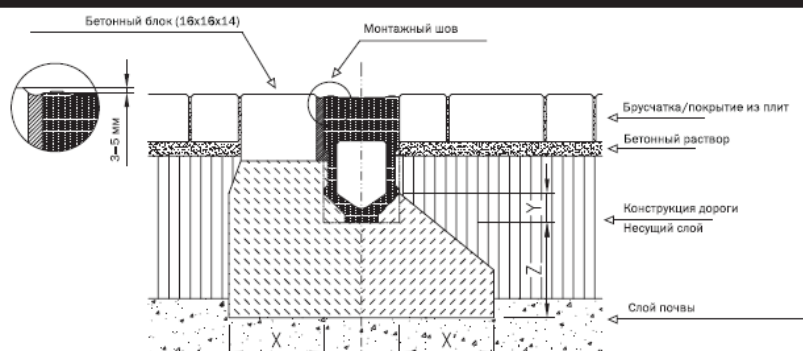
Система каналов АСО DRAIN Monoblock RD 100/200/300

Класс нагрузки: от D400 до F900 (до 90 т)

Преимущества: Монолитная конструкция лотка и решётки позволяет устанавливать как вдоль так и поперёк проезжей части дороги.



Установка в брусчатке (класс нагрузки D 400 – F 900)



Применение инновационных материалов при укреплении конструкций дорожных одежд

Качество дорожных покрытий определяет уровень комфорта пользования дорогами. Особенно важно это для городов, где концентрируются все грузопассажирские потоки. Обеспечить ровность и долговечность асфальтобетонных покрытий можно только на основе использования высококачественных материалов и новых технологий. В ходе строительства или реконструкции автомобильной дороги важным вопросом является повышение надежности земляного полотна. С учетом того, что в России преобладают территории со слабыми грунтами, первоочередной проблемой становится обеспечение требуемых прочностных характеристик при снижении сроков и стоимости работ.

Мы хотим поделиться с вами своим опытом решения данной проблемы и кратко рассказать о двух геосинтетических материалах, выпускаемых группой компаний «МИАКОМ», которые позволяют существенно повысить эффективность дорожного строительства и долговечность дорожных конструкций без увеличения их материалоемкости, трудо- и энергозатрат.

Применение двухосной геосетки ГЕО ДС® в конструкциях дорожной одежды



Двухосная георешетка ГЕО ДС® - плоский полимерный материал сетчатой структуры с жесткими узловыми соединениями, образующими ячейки.

Основная функция георешеток ГЕО ДС® состоит в укреплении несвязных слоев дорожных одежд, перераспределении напряжений в конструкции со снижением их уровня в грунте рабочего слоя земляного полотна. При заполнении ячеек георешетки инертным материалом с последующим его уплотнением частицы материала фиксируются в ячейках, и создается эффект «механической стабилизации».

Двухосная георешетка ГЕО ДС® обладает

достаточно большой жесткостью, что позволяет основанию выдерживать высокие нагрузки при малых деформациях.

Области применения двухосных георешёток ГЕО ДС

– Усиление конструкции дорожных одежд постоянных и временных автомобильных дорог

– Усиление конструкции дорожных одежд производственных и технологических дорог и проездов (при строительстве объектов нефтегазового комплекса, горнодобывающей и лесодобывающей отраслей и т.п.)

– Усиление оснований железнодорожных насыпей

– Усиление конструкций дорожных одежд площадок под высокие постоянные нагрузки (логистические терминалы, аэропорты, контейнерные площадки, зоны выполнения погрузо-разгрузочных работ)

– Устройство искусственных оснований под промышленные полы

– Устройство искусственных оснований при строительстве и рекультивации полигонов ТБО

Армированные двухосными георешётками ГЕО ДС® дорожные конструкции благодаря повышенным прочностным и эксплуатационным характеристикам обуславливают:

– невозможность взаимопроникновения слабосвязных слоев дорожной одежды;

– возможность использования местных строительных материалов, не удовлетворяющих некоторым требованиям ведущегося строительства;

– уменьшение объемов земляных работ;

– уменьшение толщины конструктивных слоев дорожных одежд;

– улучшение «работы» дорожной конструкции под действием динамических нагрузок;

– уменьшение колееобразования;

– снижение динамики накопления и уровня остаточных деформаций (в т.ч. от морозного пучения).

Перечисленные преимущества использования георешёток для усиления дорожных конструкций, обеспечивая эксплуатационную надежность возводимых дорожных сооружений, позволяют:

– ускорить производство земляных работ в сложных гидрогеологических условиях;

– повысить технологичность и качество строительных работ;

– существенно снизить затраты на строительство и поддержание дорог.

Конструкции площадок под высокие нагрузки



Рис. 1 Дорожная конструкция на многопрофильном перегрузочном комплексе «ЮГ-2» в порту Усть-Луга.

Главная проблема, возникшая при проектировании конструкций площадок и дорог на территории терминала – слабая несущая способность намывных оснований на территории строительства. В качестве покрытия для площадок были выбраны искусственные камни мощения как наиболее ремонтпригодное покрытие. В процессе проектирования были проведены расчеты конструкций и материалов на прочность, в том числе с применением георешётки ГЕО ДС®.

Результаты проведенных расчетов показали, что армирование оснований конструкций с покрытием из мелкоштучных элементов георешёткой ГЕО ДС® позволяет значительно увеличить распределяющую способность искусственных камней мощения, что приводит к уменьшению деформаций и напряжений, повышению прочности и долговечности конструкций, а, следовательно, экономии строительных материалов.



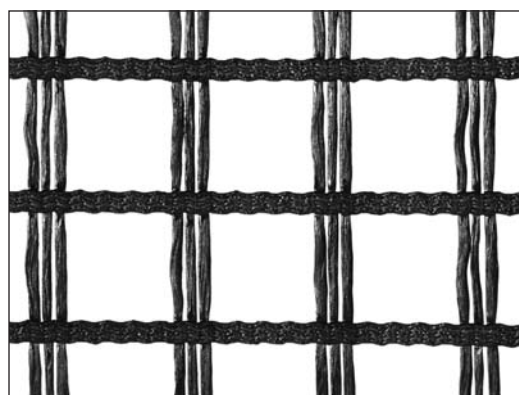
Рис. 2 Дорожная конструкция на морском контейнерном терминале ЗАО «Четвертая стивидорная компания».

Расчеты монолитного покрытия выполнялись на воздействие вертикальных нагрузок от установленных в ярусы контейнеров и наагрузку от контейнерного фронтального погрузчика как на максимальные из нагрузок, передаваемых на покрытие от применяемого технологического оборудования.

Результаты расчетов показали, что армирование несущего основания георешеткой ГЕО ДС® позволяет значительно увеличить несущую способность асфальтоцементобетонного покрытия.

Конструкции предназначены для площадок движения технологического транспорта (ричстакера) с нагрузкой на ось $F_n=106,5$ т и хранения контейнеров в 5 ярусов.

Применение полиэфирных геосеток ПолиЭф® при строительстве земляного полотна на слабых основаниях



Полиэфирная геосетка ПолиЭф® – материал, изготавливаемый из полиэфирных волокон с полимерным покрытием в виде сетчатой структуры посредством нитевязальной и прошивной технологии. В результате этого материал обретает повышенную прочность и эксплуатационную устойчивость.

Геосетки ПолиЭф® применяются при строительстве насыпей на слабом основании в качестве армирующих прослоек для повышения устойчивости насыпей на слабых основаниях за счет перераспределения возникающих в грунтовой массе напряжений и частичного восприятия растягивающих напряжений. Эти прослойки одновременно служат в качестве разделительных или технологических слоев в целях повышения равномерности осадки. Возможно применение полиэфирных геосеток ПолиЭф® совместно с другими конструкциями.

При строительстве дорожной конструкции слои из геосеток ПолиЭф® необходимо устраивать для следующих целей:

- повышение устойчивости насыпи;
- улучшения условий отсыпки и уплотнения насыпи;
- разделение слоёв различных грунтов в теле насыпи;
- повышение несущей способности грунтового основания;
- приближение сроков устройства покрытия за счет снижения неравномерности осадки;

Области применения геосеток ПолиЭф®

- Усиление оснований насыпей автомобильных и железных дорог, а также взлетно-посадочных полос
- Создание гибких ростверков на свайных основаниях
- Усиление грунтовых оснований площадок предназначенных под высокие нагрузки
- Повышение устойчивости откосов насыпей и выемок
- Устройство армогрунтовых подпорных стен

Армирующие прослойки в основании насыпей из геосеток ПолиЭф® повышают устойчивость последних за счет увеличения жесткости нижней части насыпи и соответствующего снижения напряжений в основании. Прослойки укладывают в одном или двух уровнях, причем нижнюю прослойку укладывают непосредственно на естественное основание, а вторую и последующие на расстоянии, определяемом по расчету (Рис.3). В некоторых случаях прослойки объединяют в одну конструкцию – обойму, плотно охватывающую нижний слой насыпи. Различают замкнутую и разомкнутую обоймы (Рис.4).

Эффект усиления оснований достигается благодаря:

- качественному уплотнению грунта и плотному прилеганию геосетки к грунту;
- высокому коэффициенту трения геосетки ПолиЭф® по грунту;
- высокой долговременной прочности;
- поперечной раскладке полотен геосетки;
- в отдельных случаях дополнительным соединением полотен геосетки;
- равнопрочности полотна геосетки.

Пример совместного применения георешётки ГЕО ДС® и геосетки ПолиЭф® в дорожных конструкциях

С целью повышения устойчивости насыпи возможно совместное применение георешётки ГЕО ДС® и геосетки ПолиЭф®.

При реконструкции автомобильной дороги «Лодейное Поле – Вытегра» в Ленинградской области была разработана конструкция с применением георешётки ГЕО ДС® и геосетки ПолиЭф®.

Описание проблемы

1. Район проектирования по характеру и степени увлажнения относится к 3 типу местности.

2. Грунты основания – супеси пылеватые, пластичные, переувлажненные (средний показатель текучести $IL=1,05$) относятся к слабым грунтам. Обладают тиксотропными свойствами (грунты с данными свойствами быстро размокают в воде, а при нарушении естественного сложения резко

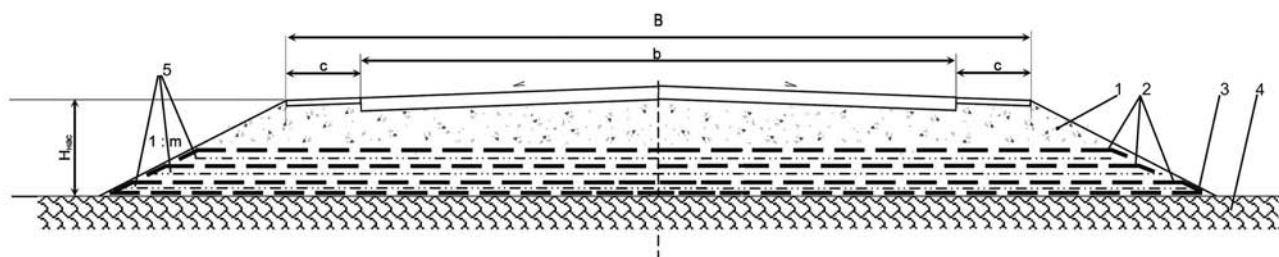


Рис. 3 Конструкция на слабом основании с армирующими прослойками (слоями) из геосетки ПолиЭф® в основании насыпи: 1 - переходный слой; 2 - прослойка из ПолиЭф; 3 - прослойка из геотекстиля; 4 - слабое основание; 5 - связный грунт

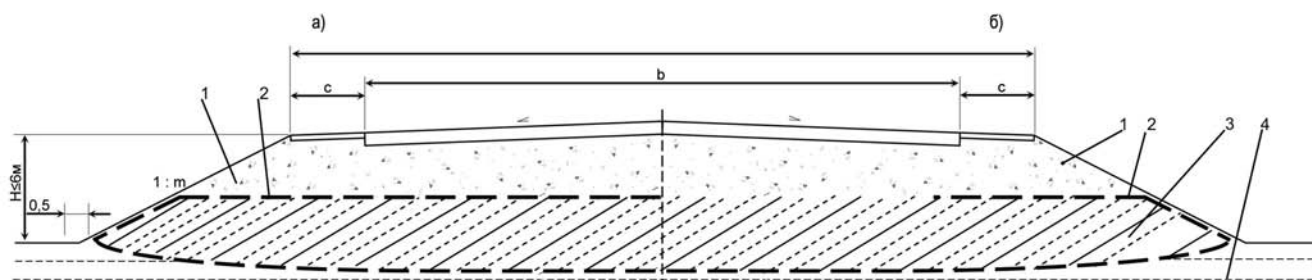


Рис. 4 Конструкция на слабом основании: а) с замкнутой обоймой из геосетки ПолиЭф®
б) с разомкнутой обоймой из геосетки ПолиЭф®
1 - переходный слой; 2 - прослойка из ПолиЭф; 3 - связный грунт; 4 - слабое основание

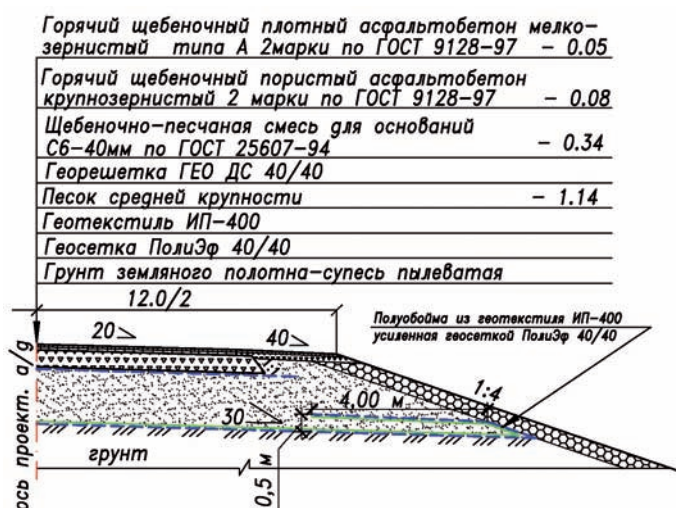
снижают свои прочностные свойства; при динамических нагрузках в условиях полного водонасыщения переходят в плавунное состояние).

3. Земляное полотно проходит в выемке.

4. Грунтовые воды, находятся на уровне дневной поверхности выше отметки заложения основания насыпи.

Проектное решение

Для обеспечения заданной надежности земляного полотна на участке залегания слабых грунтов было предусмотрено усиление проектной конструкции геосинтетическими материалами МИАКОМ. В основании насыпи запроектировано устройство полуобоймы (разомкнутая обойма) из геотекстиля ИП-400 + геосетка ПолиЭф 40/40 высотой 0,5 м., а также предусмотрено усиление несущего основания дорожной одежды из ЩПС С6 георешёткой ГЕО ДС 40/40.



Полуобойма увеличивает жесткость нижней части насыпи, тем самым снижая приходящие напряжения, обеспечивает двойное армирование нижней части откосов, повышая их устойчивость, а также помогает:

- повысить устойчивость насыпи;
- улучшить условия отсыпки и уплотнения;
- разделить слои и исключить взаимопроникновение при динамических воздействиях;
- предотвратить заиливание песчаного слоя;
- ускорить отвод воды из основания и тела насыпи;
- снизить поровое давление;
- перераспределить вертикальные напряжения на большую площадь и восприятие растягивающих напряжений.

Данный проект, разработанный проектной компанией ООО «Строй-Импульс», прошёл все необходимые согласования. В августе 2011 г. было начато строительство объекта.

О КОМПАНИИ «МИАКОМ»

Двухосная георешётка ГЕО ДС® и полиэфирная геосетка ПолиЭф® далеко не единственные геосинтетические материалы производства группы компаний «МИАКОМ».

Группа компаний «МИАКОМ» – одна из крупнейших компаний на рынке геосинтетических материалов с мощной производственной базой. Основные направления деятельности – производство и поставка геосинтетических материалов для дорожного и нефтегазового строительства, проектно-изыскательные работы, осуществление полного комплекса дорожно-строительных работ.

Мы имеем положительные результаты не только во всех направлениях своей деятельности, но и во взаимоотношениях с партнёрами. Хочется отметить, что за годы работы компания принимала участие при строительстве крупных федеральных и нефтегазовых объектов, сотрудничая с ТНК ВР, ОАО «СИБУР», ОАО «СалаватСтройТек», ООО «Сибстройнефтегаз», ОАО «Роснефтьбункер», ООО «Промстройнефтегазпроект», ОАО «РЖД», ОАО «Союздорнии», ФГУП ГПИ и НИИ ГА «АЭРОПРОЕКТ», ОАО «Проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт воздушного транспорта «Ленаэропроект», Дирекцией транспортного строительства Санкт-Петербурга, ФГУ ДСД «Черноморье», ОАО «ДСК «АВТОБАН», ОАО «ХМДС», ЗАО «Труд», ОАО «Корпорация Трансстрой», ОАО «Компания Усть-Луга», ОАО «Балтийская жемчужина», ЗАО «Ренейссанс Констракшн».

Более подробную информацию о компании, производимых нами материалах и оказываемых услугах вы можете узнать на сайте: www.miakom.ru. Здесь вы можете найти любые удобные для Вас формы связи: телефон, skype, адреса электронной почты технических специалистов и специалистов отдела продаж, которые окажут высококвалифицированную помощь. Надеемся, это поможет Вам получить максимальный результат с минимальными затратами времени и денег.

Коммерческий директор группы компаний «МИАКОМ» Ефимов А.И.

www.miakom.ru

Генеральный директор ООО «Строй-Импульс» Вакула И.А.

www.s-impulse.ru

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



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 № 45-78

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 грузевых 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 колейность, 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, колейность 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



ПЕНСТРОИДЕТАЛЬ

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

ПРОИЗВОДСТВО И ПРОДАЖА ТРОТУАРНОЙ ПЛИТКИ



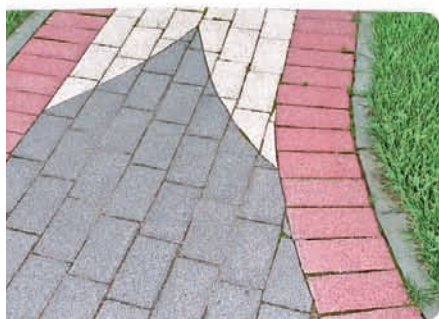
Эксклюзивные формы
и широкий ассортимент
цветов



СЕЗОННЫЕ СКИДКИ



Соответствие европейским стандартам
качества и современным
тенденциям дизайна



Отдел продаж и склад готовой продукции:
Санкт-Петербург, промзона Парнас, 5-й Верхний пр., д.16
тел.: (812) 318-31-05, 318-31-06

www.lensdet.ru