

Л.В. Поздняева, к.т.н., зав. лабораторией нежестких дорожных одежд ФГУП «РосдорНИИ»;
 Д.К. Киселев, менеджер по продажам продукции DENSIT ООО «ИТВ Функциональные полимеры и составы»;
 Д.И. Лебедев, руководитель проекта «Royal Haskoning»

Densiphalt в дорожной одежде

На протяжении длительного времени дорожники России мечтали о создании материала для дорожных покрытий, сочетающего в себе лучшие свойства бетона и асфальтобетона. Композитный материал и новое бесшовное полужесткое асфальтоцементобетонное промышленное покрытие, производимое фирмой «Densit» (Дания) – Densiphalt, сочетают в себе эти уникальные свойства.

В 1968 году компания Aalborg Portland (Дания) начала исследовательский проект «Новый бетон» в результате которого технология Densit® была изобретена и усовершенствована, 3 ноября 1978 года технология Densit® была запатентована. В начале 1983 года была создана компания «Densit» с целью продолжения дальнейшего технического и коммерческого развития материалов Densit.

Данное покрытие, по своей сути, не является новым, в связи с тем, что на протяжении более чем 15 лет успешно применяется в странах Европы. В частности, оно используется на контейнерных терминалах портов города Роттердам (Королевство Нидерланды), города Дрогеды (Ирландия), города Барселоны (Испания), применялось при строительстве дорог и аэропортов в Копенгагене, Лондоне, Стокгольме, Дюссельдорфе. Кроме того, данное асфальтоцементобетонное покрытие не является единственным. Известны аналоги Densiphalt®: «Confalt», «Strabaphalt», а также совместная российская разработка ЗАО «НП ЦМИД» и ОАО ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева (Санкт-Петербург) – ЦМИД-2 «Дорожный». До настоящего времени применение асфальтоцементобетонных покрытий в России было очень ограничено и почти не встречалось. Новым является начало его широкого применения в России, в частности в Северо-Западном регионе РФ.

В 2009 году по предложению международной консалтинговой компании «Royal Haskoning» (ООО «Хасконинг Консультанты, Архитекторы и Инженеры»), Densiphalt был применен в проекте в качестве финишного покрытия под дороги, проезды и контейнерные площадки контейнерного терминала на территории порта города Санкт-Петербурга общей площади 138 000 м².

Поставка материала была обеспечена ООО «ИТВ Функциональные полимеры и составы», г. Москва (русская дочерняя компания концерна ITW (USA), в состав которого входит фирма «Densit»). Работы по укладке покрытия Densiphalt производилась подрядной дорожно-строительной организацией города Санкт-Петербурга ООО «ЭнСиСи РОУДС», входящей в концерн «NCC Group» (Швеция).

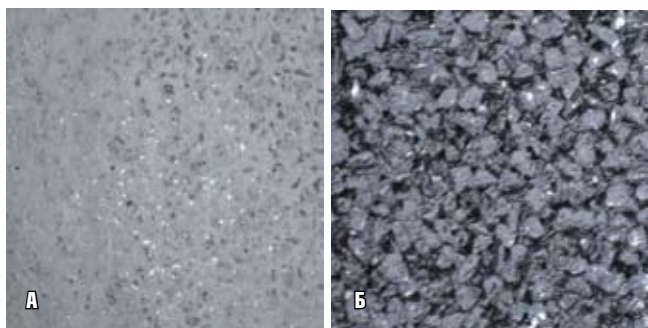


Укладка DENSIPHALT на территории контейнерного терминала

При решении вопроса о выборе покрытия контейнерного терминала были поставлены следующие условия:

- обеспечение надежной эксплуатации покрытия терминала в тяжелом режиме при 3–5-ярусном складировании 40-футовых морских контейнеров, в том числе рефконтейнеров;
- обеспечение возможности работы ричстакеров с контейнерами в любой точке промплощадки терминала для возможности подъема упавшего контейнера или перестановки контейнеров;
- исключение образования колеи в зонах работы козловых пневмоколесных кранов RTG и интенсивных маневров (зоне въезда-выезда, перекрестках) груженых терминальных тягачей с прицепами;
- ремонтпригодность покрытия в связи с необходимостью обслуживания и всех видов ремонта подземных инженерных сетей.

Генеральным проектировщиком «Royal Haskoning» (ООО «Хасконинг Консультанты, Архитекторы и Инженеры») на основании международного опыта проектирования контейнерных терминалов, проведения необходимых инженерных расчетов и сравнения вариантов технико-экономических решений было обосновано применение полужесткого асфальтоцементобетонного покрытия.



А. Готовая поверхность в виде асфальтоцементобетонного покрытия Densiphalt® на территории контейнерного терминала в Санкт-Петербурге.

Б. Асфальтобетонная основа (пористый асфальтобетон – «решетка») разработка специалистов компании ООО «ЭнСиСи РОУДС» (Санкт-Петербург)

Всем указанным требованиям наилучшим образом удовлетворяло покрытие Densiphalt®. Были проведены необходимые инженерные расчеты, обосновывающие возможность применения покрытия Densiphalt® с точки зрения его прочности и способности к восприятию соответствующих нагрузок.

По рекомендации генерального проектировщика специалистами компании ООО «ЭнСиСи РОУДС» была применена пористая асфальтобетонная основа для покрытия контейнерного терминала на основе модифицированного высококачественного российского ухтинского битума БДУ 70/100, по своим свойствам почти не уступающим европейским битумам, полученным из ближневосточной нефти. В качестве заполнителя был применен карельский высокопрочный щебень габбро-диабаз, имеющий прочность М1400 и выше.

Ниже приведены основные характеристики этого материала по данным производителя промышленного покрытия Densiphalt® компании «Densit» (Дания). Это полужесткое бесшовное покрытие, хорошо подходит для площадей с интенсивным транспортным движением, где гибкость, упругость, надежность и износостойкость – главные приоритеты.

Densiphalt® состоит из асфальтового каркаса с открытым гранулометрическим составом, полости которого заполнены высокопрочным раствором на основе цемента. Материал наносится слоем толщиной в 30–100 мм путем укладки на соответствующее основание, такое как асфальт, бетон с низким содержанием цемента



Рисчтакеры, работающие на железнодорожном фронте контейнерного терминала. При подъеме (отрыве) контейнера от поверхности создается давление до 110 т на переднюю ось

та или обычный. Он может быть окрашен в различные оттенки по требованию заказчика. Оптимальным является слой 50 мм.

Область применения Densiphalt® достаточно широка. Так, он является идеальным дорожным покрытием для таких участков, как:

- Аэропорты (авиатерминалы, взлетно-посадочные полосы, рулежные дорожки, зоны обледенения, полосы, заправочные станции и так далее).
- Морские порты в качестве дорожного покрытия (контейнерные и грузовые терминалы, терминалы для насыпных грузов и так далее).
- Места интенсивного движения и скопления тяжелых транспортных средств в качестве дорожного покрытия (автобусные остановки, автостоянки, автопарки, зоны движения и трассы для тяжелого промышленного транспорта, перекрестки)
- Объекты легкой промышленности в качестве покрытия полов (промышленные склады, оптовые базы, торговые залы, базы розничной торговли).

При наличии подготовленной поверхности Densiphalt® легко и быстро укладывается. Общая конструкция дорожного покрытия (основание: щебень, асфальт, тощая бетонная смесь) определяется весовой нагрузкой на данном участке. Дорожное покрытие из этого материала укладывается на слой тощей бетонной смеси или асфальтобетона. Этот слой обрабатывается



Процесс формирования структуры Densiphalt

битумной эмульсией, после чего производится укладка асфальтового каркаса. Данный тип асфальта изготавливается на асфальтовом заводе на стандартном оборудовании и укладывается при помощи обычного асфальтоукладчика. Для выравнивания поверхности используется каток со стальными вальцами без включения вибрации.

После остывания асфальта наносят строительный раствор. Строительный раствор поставляется в виде однородного сухого порошка, а затем смешивается с водой при помощи специального прямооточного смесителя или циклического бетоносмесителя. Строительный раствор распределяется по поверхности при помощи резиновых шаберов.

Сразу же после нанесения строительного раствора Densiphalt® покрытие закрывают специальным затвердителем или песком, чтобы предотвратить слишком быстрое высыхание поверхности. В зависимости от степени ►

Таблица 1

Характеристики	Стандарты	Величины	1 день	7 дней	28 дней
Предел прочности при сжатии (МПа) ⁴⁾	BS 1881		4-7	7-10	8-12 ⁶⁾
Динамический модуль упругости E (МПа)	DWW 94530	8.000-12.000			
Износостойкость (см ³ /50 см ²)	DIN 52108	7-8 ⁵⁾			
Стойкость к перепадам температур	SS 137244	Очень хорошая			
Проницаемость	DIN 18130	непроницаем			
Сопротивление скольжению	BS 812:1989	50-60; 80 SRT ¹⁾			
Коэффициент расширения	EN 1770	$\alpha_m = 12,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$			
Электропроводность	DIN 51953	$\sim 10^{6,2)}$ $\sim 10^{7,3)}$			
1) обычная и отпескоструенная поверхность соответственно; 2) сопротивление через слой; 3) поверхностное сопротивление; 4) в зависимости от типа асфальта; 5) в зависимости от типа заполнителя, 6) в зависимости от типа заполнителя и его характеристик					
Предел прочности при сжатии (МПа)	EN 12190		50	80	110
Предел прочности при изгибе (МПа)	En 196		7	12	15
Плотность (кг/м ³)	EN 12190	2200-2250			
Время схватывания (часы)	EN 196-3	7-9			
Cr ⁶⁺ %		< 0,0002			

нагрузки, дорожное покрытие можно использовать через 24 часа, если температура составляет +20° С.

Основные технические характеристики материала в соответствии с нормами европейских стандартов приведены в **таблице 1**.

При проведении проектных работ по терминалу в Санкт-Петербурге у генерального проектировщика постоянно возникали вопросы об отсутствии экспериментальных и аналитических данных для расчетов и применения покрытия Densiphalt® с использованием российских битумных материалов и заполнителей. Дополнительным осложнением являлись сложные геологические условия: наличие слабых и обводненных грунтов естественного основания.

Нормативных документов, подтвержденных экспериментальными исследованиями работы данного материала в дорожной конструкции для условий применения на территории РФ, не было.

Кроме того, покрытие Densiphalt® для Российской Федерации является новым и неизученным материалом и попадает под действие Постановления Правительства РФ от 27.12.1997 № 1636 и Приказа Минрегионразвития от 24.12.2008 № 292.

В связи с этим было обосновано и последовало обращение в компетентную научно-исследовательскую отраслевую организацию в области дорожного строительства – ФГУП «РосдорНИИ» для проведения всесторонних исследований покрытия Densiphalt® и подготовки стандартов организации

в соответствии с требованиями ГОСТ Р 1.0-2004 и гл. 4 ГОСТ Р 1.4-2004.

Программа испытаний предполагала проверку на соответствие действующим в дорожной отрасли нормативным документам на материалы для дорожных покрытий. Учитывая специфику работы материала покрытий контейнерных терминалов, а также проблему колейности на дорожных покрытиях, особое внимание в программе испытаний было уделено вопросам проверки трещиностойкости и сдвигоустойчивости материала покрытия.

Исследуя возможности применения Densiphalt® в дорожных одеждах, в качестве наиболее близких аналогов для сравнения принимались асфальтобетоны типа А и ЩМА и соответствующая им нормативная база, то есть ГОСТ 9128-97 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия» и ГОСТ 31015-2002 «Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичный. Технические условия».

Эти документы регламентируют требования к асфальтобетону по показателям прочности на сжатие при температурах 0, 20 и 50°С сухих и водонасыщенных образцов, водостойкости по показателю водонасыщения под вакуумом, сдвигоустойчивости по показателям коэффициента внутреннего трения и сцепления при сдвиге, а также трещиностойкости по показателю прочности на растяжение при расколе при 0°С.

Таблица 2

Результаты оценки физико-механических свойств материала Densiphalt (лабораторные образцы)

Наименование показателя свойств	Величина показателя (среднее из 3-х обр.)	Требования ГОСТ 9128-97 асфальтобетон	Требования ГОСТ 31015-2002 ЩМА
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре: + 20°С	6,23	Не менее 2,20	Не менее 2,20
Водонасыщение, % объема	4,35	Не более 5,0	Не более 3,5
Сдвигоустойчивость: коэффициент внутреннего трения tg φ Сцепления при сдвиге, МПа	0,87 0,97		Не менее 0,93 Не менее 0,18
Трещиностойкость: предел прочности на растяжение при расколе при 0°С, МПа	4,03	3,5-6,0	2,5 – 6,0

Испытания проводились как на образцах, приготовляемых в лаборатории, так и на образцах, отобранных из покрытия терминала в Санкт-Петербурге.

Подбор состава смеси проводили по критерию пористости, которая должна быть в пределах 25–30%.

Примерный состав смеси (%% по массе):

щебень	91–93
известняковый минеральный порошок	4,0–5,0
волокнистый наполнитель (целлюлоза)	0,2
битум	3,6–4,6

Подбор состава смеси проводили по методу Маршалла. Перемешивание смеси при подборе в лаборатории осуществляли при температуре 145–150°C. Уплотнение смеси на ударнике Маршалла осуществляли в цилиндрических формах диаметром 71,4 мм при температуре 135–140°C с помощью 50 ударов с каждой стороны образца. Образцы после приготовления выдерживали во влажной среде 28 суток, после чего подвергали испытаниям.

Некоторые результаты проведенной в ФГУП «РосдорНИИ» проверки приведены далее в **таблице 2**.

Как следует из результатов проверки, прочность на сжатие при 20°С существенно превышает требования стандартов, что можно объяснить влиянием «каркаса» из цементного раствора в составе композита, показатели сдвигоустойчивости и трещиностойкости находятся в пределах требований норм для дорожных асфальтобетонов типа А и ЩМА.

Для сопоставления результатов оценки прочностных показателей на сжатие по методикам отечественного ГОСТа 12801-98 и методике европейских стандартов, оценку прочности на сжатие образцов-кубиков размерами 50х50х50 мм, выпиленных из пробы, отобранной из покрытия терминала в Санкт-Петербурге, проводили на гидравлическом прессе в режиме возрастания нагрузки со скоростью 0,8 МПа/с. Полученные результаты (среднее из 4-х образцов – 8,85 МПа) сравнивали с нормой зарубежных стандартов, приведенной в **таблице 1** (8,0–12,0 МПа).

Дополнительно к испытаниям по ГОСТам была проведена оценка усталостных свойств и склонности материала к колееобразованию по методикам, разработанным в РосдорНИИ. Результаты оценки усталостной долговечности материала Densiphalt® в режиме постоянной деформации при положительной и отрицательной температуре показывают, что она находится на уровне или выше лучших составов типа А и ЩМА. Испытание на колееобразование, как и ожидалось, показали полное отсутствие колеевости после 60 000 циклов приложения расчетной нагрузки, что в 2 раза превышает расчетный ресурс работы покрытия на дорогах 2–3 категорий.

Таким образом, по комплексу полученных предварительных результатов, можно сделать вывод о том, что материал типа Densiphalt® в дорожном покрытии будет обладать более высокими эксплуатационными свойствами, чем применяемые по действующим стандартам асфальтобетоны типа А или ЩМА.

Остаются неисследованными вопросы точности расчетов покрытия Densiphalt®, как полужесткого асфальтоцементобетонного покрытия.

В настоящее время критерии расчета конструкции



Испытание усталостных свойств

дорожной одежды на прочность принимаются в соответствии с требованиями РД 31.31.46-88 «Методика расчета и конструирования жестких покрытий территорий морских портов» и ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд»:

- по прочности покрытия Densiphalt®;
- по сдвигоустойчивости грунта основания, подстилающего дорожную одежду.

При этом требуется удовлетворение обоих условий.

Ввиду отсутствия в РФ методики расчета дорожных одежд с полужестким покрытием и невозможности применения РД 31.31.46-88, для определения параметров напряженно-деформированного состояния дорожных конструкций при расчете конструкции покрытия Densiphalt на территории морского контейнерного терминала были использованы:

- Точное решение задач теории упругости по определению параметров напряженно-деформированного состояния многослойного полупространства, нагруженного одним, а также несколькими осесимметричными штампами (решение К.К. Туроверова), реализованное ООО «НТЦ «Геотехнологии СПб» в пакете «Mathematica».

- Точное решение задачи теории упругости по определению параметров напряженно-деформированного состояния многослойного полупространства, нагруженного одним осесимметричным штампом (задача А.К. Приварникова), разработанное и реализованное в фортран-программе ОАО «СоюздорНИИ».

Данный подход одобрен ФГУП «РосдорНИИ».

На сегодняшний день в ФГУП «РосдорНИИ» остались неисследованными и неизученными еще много вопросов по применению данного покрытия:

- влияние температуры воздуха, средней радиационной температуры и других атмосферных факторов на прочность покрытия из Densiphalt®;

- совместная работа Densiphalt® с составными элементами дорожной одежды и схемы передачи нагрузок на различные типы грунтов естественного основания, а также ряд других проблемных вопросов. Работы по изучению материалов покрытия Densiphalt в ФГУП «РосдорНИИ» будут продолжены. ◻