



«Исследование истираемости дорожных покрытий»

Олег Агарышев

Руководитель инфраструктурных проектов, дорожные одежды

ЛафаржХолсим Россия,

Корпоративный секретарь

Ассоциация бетонных дорог

+7 (985) 101 69 81 oleg.agaryshev@lafargeholcim.com



LafargeHolcim

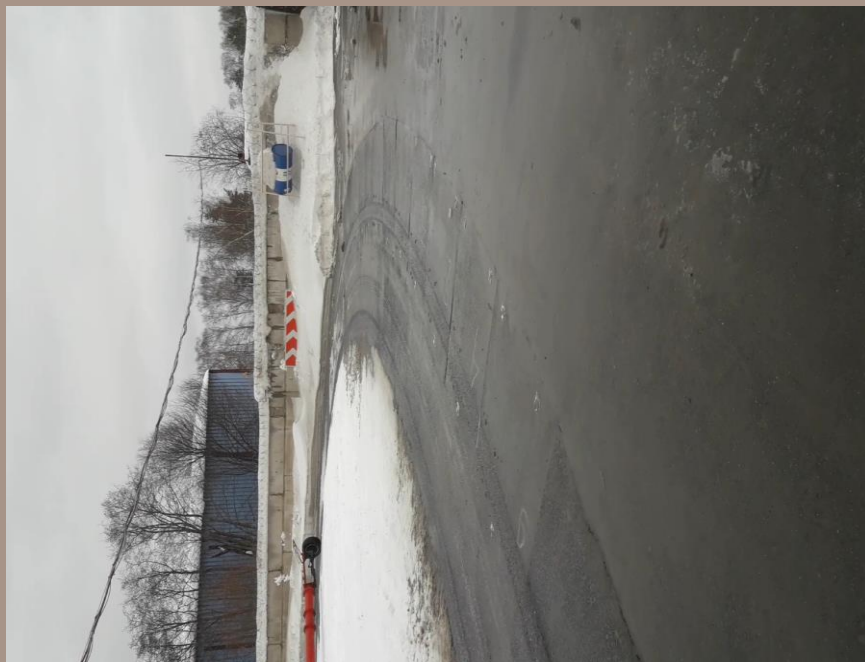
Цель и суть научной работы

Цель:

- Изучить вопрос сверхнормативного образования колеи истирания, возникшей на участке автомобильной дороги М4 «Дон»
- Выявить закономерности воздействия на цементобетонные покрытия автомобильных шин, оборудованных шипами противоскольжения
- Проверить экспериментальным путем выводы наших скандинавских коллег по этому вопросу
- Выработать пути избегания или уменьшения колеи истирания.

Суть: По итогам эксперимента получить начальные требования как к составу бетонной смеси, так и к типу поверхностной обработки цементобетона. Сравниваются составы с различными каменными материалами: габбро-диабаз, порфирит, гранит, с и без микрокремнезема, на различных цементах и с двумя типами поверхностной обработки: щеткование и «вашбетон» (обнаженный заполнитель).

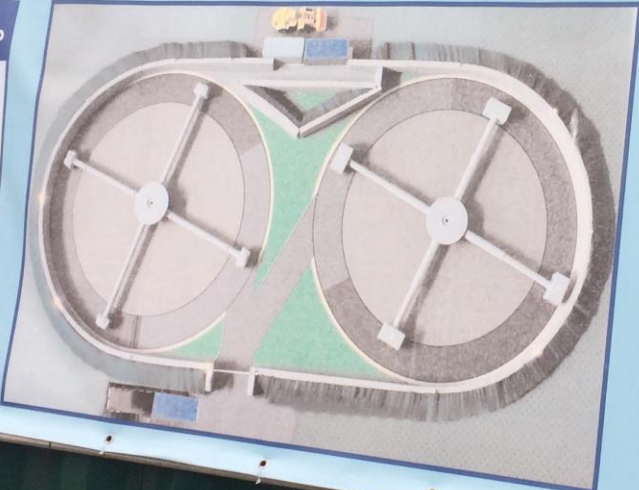
Полигон МАДИ. Универсальный комплекс для испытания дорожных покрытий и автомобильных шин (уникальная научная установка)



Центр коллективного пользования МАДИ

Центр коллективного пользования МАДИ
Универсальный комплекс для испытания
дорожных покрытий и автомобильных шин
(уникальная научная установка)

www.ckp-madi.ru

ЛЕГКОВОЙ МОДУЛЬ		ГРУЗОВОЙ МОДУЛЬ
Диаметр трека 30 ± 2 м		Диаметр трека 30 ± 2 м
Скорость до 140 км/ч		Скорость до 80 км/ч
Расчетная нагрузка до 600 кг		Расчетная нагрузка до 7000 кг

Материалы

Марка бетонной смеси В30 Вtb4,0 П1 G1 F2 300

Задача:

Изготовить и протестировать колеобразование бетонных покрытий с применением различных цементов:

- ПЦ 500 Д0-Н производства ОАО «Мальцовский портландцемент»,
 - ЦЕМ I 42.5 Н производства ООО «Холсим (Рус) СМ»,
 - ПЦ 500-Д0-Н производства ООО «Холсим (Рус) СМ»,
- и крупных заполнителей:
- Порфирит фр.5-15,
 - Габбро-диабаз фр. 5-10, фр.10-20, фр.4-8,
 - Гранит фр.5-20.

Показатели качества используемых цементов

Производитель / Показатель	Щуровский ЦЗ ГОСТ 31108	Щуровский ЦЗ ГОСТ 10178	Мальцовский ЦЗ ГОСТ 10178
Тип цемента	ЦЕМ I 42.5Н	ПЦ 500-Д0-Н	ПЦ 500-Д0-Н
Удельная поверхность, см ² /г	3335	3440	3102
Нормальная густота цементного теста, %	27,2	27,4	25,4
Предел прочности при изгибе 2 суток, МПа	4,5		
Предел прочности при сжатии 2 суток, МПа	21,3		
Предел прочности при изгибе 3 суток, МПа		4,8	4,8
Предел прочности при сжатии 3 суток, МПа		36,6	34,4
Предел прочности при изгибе 28 суток, МПа	9,0	6,7	7,2
Предел прочности при сжатии 28 суток, МПа	53,4	59,6	53,5

Показатели качества песка Мансуровского КУ

ГОСТ 32824-2014. Дороги автомобильные общего пользования

Показатель	Требования	Фактическое значение
Модуль крупности (группа) песка	Св. 2,3 до 2,8 вкл.	2,7 (средний)
Класс песка	I	II (по гран. составу ост. менее 0,125)
Полный остаток на сите 0.5 мм	От 40 до 55%	51,2
Содержание зерен крупностью > 8 мм, %	0,5	0
Содержание зерен крупностью > 4 мм, %	5,0	5,0
Содержание зерен крупностью < 0.125 мм, %	3,5	4,5
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	2	1,6
Истинная плотность, г/см ³		2,66
Пустотность, %		40,7

Используемый в работе крупный заполнитель

Щебень изготовлен в соответствии ГОСТ 8267:

- щебень из порфирита фракция 5-15 мм
карьер ОАО «Порфирит» (п. Березовка, респ. Карелия)
- щебень из габбро-диабаз фракций 5-10 мм и 10-20 мм
карьер Голодай Гора, ООО «Лафарж Нерудные Материалы и Бетон»
(п. Деревянка, респ. Карелия)
- щебень из габбро-диабаз фракции 4-8 мм.
карьер Голодай Гора, ООО «Лафарж Нерудные Материалы и Бетон»
(п. Деревянка, респ. Карелия)
производитель электрогидродинамического дробления:
ООО "НПФ "ЭлектроГидроДинамика", г. Санкт-Петербург
- щебень из гранита фракции 5-20 мм
производитель неизвестен (возможно Украина)

Используемый в работе крупный заполнитель

Габбро-диабаз фр. 10-20мм, 5-10мм



Порфирит фр.5-15мм



Гранит фр.5-20 мм



Габбро-диабаз фр. 4-8 мм



Крупный заполнитель

Показатели качества по ГОСТ 32703

Дороги автомобильные общего пользования

Маркировка крупного заполнителя	Проход через контрольные сита	Насыпная плотность в воздушно-сухом состоянии	Средняя плотность зерен	Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы
Единица измерения	марка	т/м ³	г/см ³	%
Габбро-диабаз фракций 5-10 мм	85/15	1,64	2,97	1,99
Габбро-диабаз фракций 10-20 мм	85/15	1,71	2,98	5,51
Габбро-диабаз ЭГД фракций 4-8 мм	90/15	1,69	2,97	нет
Гранит фракции 5-20 мм	90/10	1,55	2,67	9,1
Порфирит фракция 5-15 мм	90/10	1,58	2,90	2,30

Крупный заполнитель

Показатели качества по ГОСТ 32703

Дороги автомобильные общего пользования

Маркировка крупного заполнителя	Пустотность	Дробимость в сухом состоянии до 9% - D1400	Дробимость в насыщенном состоянии до 9% - D1400	Водопоглощение
Единица измерения	%	%	%	%
Габбро-диабаз фракций 5-10 мм	44,8	1,99	2,38	0,86
Габбро-диабаз фракций 10-20 мм	42,6	5,51	6,57	0,57
Габбро-диабаз ЭГД фракций 4-8 мм	43,0	2,20	3,40	1,6
Гранит фракции 5-20 мм	41,9	5,30	7,24	0,89
Порфирит фракция 5-15 мм	45,5	2,30	2,98	0,84

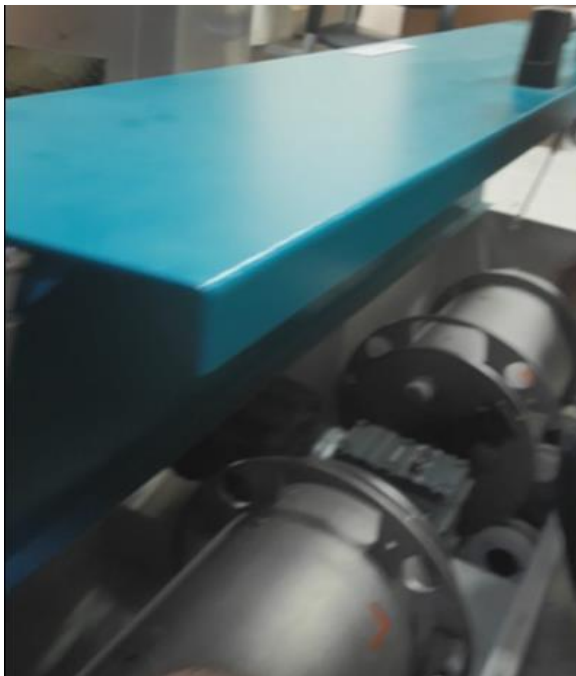
ГОСТ 33049 Дороги автомобильные общего пользования

Определение сопротивления дроблению и износу.



Сущность метода заключается в определении потери массы пробы щебня (гравия), возникающей при воздействии ударных нагрузок от шаров и истирающих усилий.

СТБ EN 1097-9-2013 Определение устойчивости к истиранию шипованными шинами. Северное испытание (Нордик тест)



Пробу заполнителя фракции от 11,2 до 16,0 мм подвергают истиранию во вращающемся стальном барабане вместе со стальными шариками и водой.

Три закрепленных в барабане ребра улучшают смешивание материала пробы и стальных шариков. После установленного числа оборотов содержимое извлекают из барабана и заполнитель просеивают на контрольном сите с размером отверстий 2 мм для определения истираемости заполнителя, представляющей собой потери заполнителя, выраженные в процентах.

Материал для проведения испытаний

Основные характеристики материала по ГОСТ 32703

Дороги автомобильные общего пользования

Маркировка крупного заполнителя	ГОСТ 33049 Сопротивление износу в водонасыщенном состоянии, % по массе	СТБ EN 1097-9-2013 Устойчивость к истиранию шипованными шинами
	Марка по истираемости	
Единица измерения	%	%
Габбро-диабаз фракций 10-20 мм	15,0 И 1	8,5 A_N10
Гранит фракции 5-20 мм	15,2 И 2	6,8 A_N7
Порфирит фракции 5-15 мм	7,4 И 1	6,4 A_N7

*Классы износостойкости минерального материала к воздействию шипованной резины.

Класс	Значение параметра в шаровой мельнице
A_N7	≤ 7
A_N10	≤ 10
A_N14	≤ 14
A_N19	≤ 19

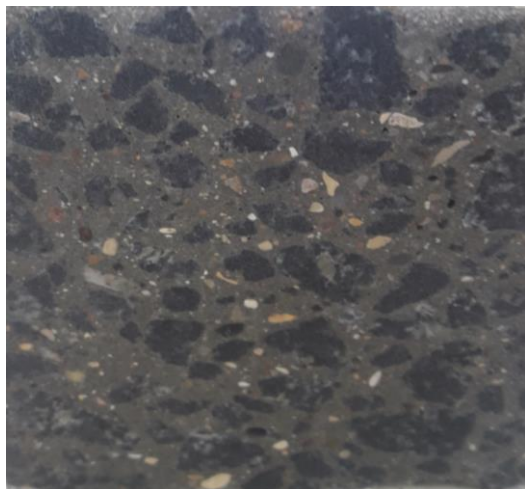
Бетоны для дорожных и аэродромных покрытий и оснований ГОСТ 26633

Водоцементное отношение и объем вовлеченного воздуха для бетона конструктивных слоев автомобильных дорог и аэродромов

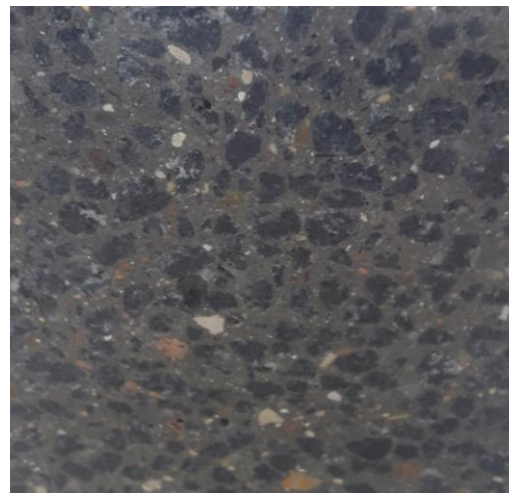
Конструктивный слой	Водоцементное отношение, не более	Объем вовлеченного воздуха в бетонной смеси, %*
Однослойное или верхний слой двухслойного покрытия	0,45	<u>5,0-7,0</u> 4,0-8,0
Нижний слой двухслойного покрытия	0,50	<u>4,0-6,0</u> 4,0-8,0
Основание	0,90	Не нормируется
* Над чертой - для тяжелого бетона, под чертой - для мелкозернистого бетона.		

Структура бетона. Спи́лы образцов балок.

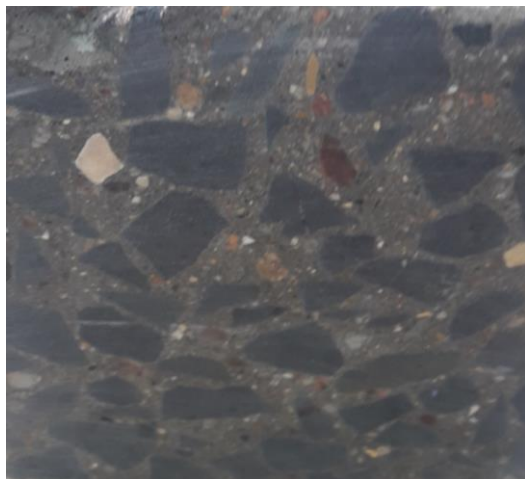
Габбро 5-20



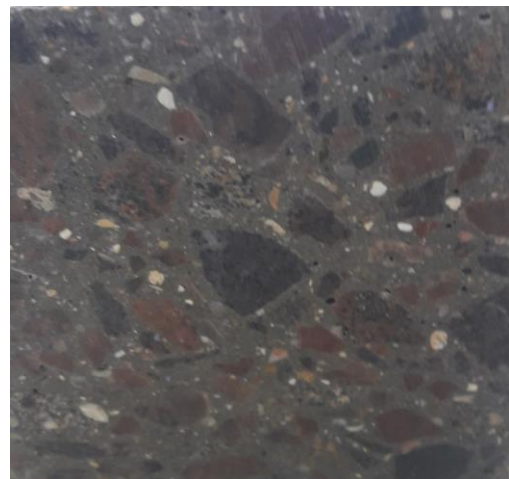
Габбро 4-8



Порфирит 5-15



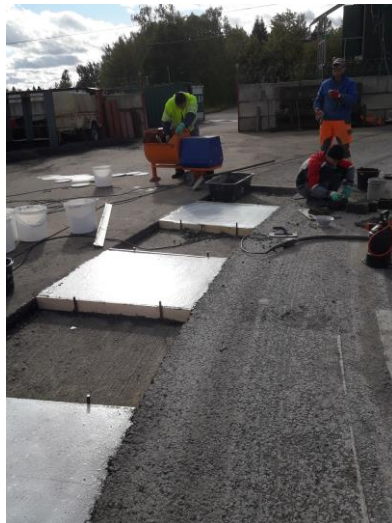
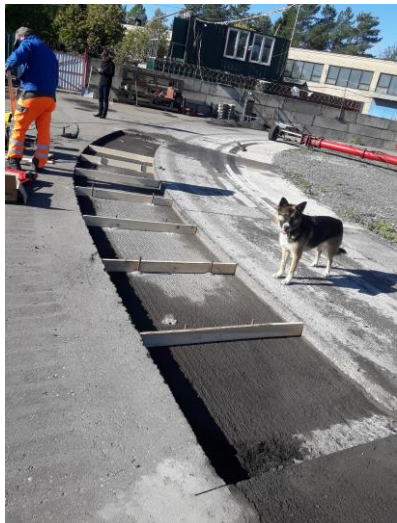
Гранит 5-20



Выписка из протокола испытаний по прочности контрольных образцов лабораторных и объектных составов в возрасте 28 суток

Заполнитель Цемент		Габбро 5-20мм	Габбро 4-8 мм	Гранит 5-20 мм	Порфирит 5-15 мм
Щуровский ЦЕМ I 42.5Н Лаборатория	Прочность на сжатие/изгиб, МПа	45,8 / 4,1	46,3 / 4,7		49,0 / 4,7
	V воздуха, %	7,0	7,0		6,6
Щуровский ЦЕМ I 42.5Н Объект	Прочность на сжатие, МПа	42,6			43,1
	V воздуха, %	5,4			5,1
Щуровский ПЦ 500-Д0-Н Лаборатория	Прочность на сжатие/изгиб, МПа	49,3 / 4,9	54,6 / 4,9		53,8 / 5,1
	V воздуха, %	5,8	5,5		5,0
Щуровский ПЦ 500-Д0-Н Объект	Прочность на сжатие, МПа	46,8	42,2		55,6
	V воздуха, %	6,8	9,0		4,2
Мальцовский ПЦ 500-Д0-Н Лаборатория	Прочность на сжатие, МПа			47,5 / 4,7	
	V воздуха, %			6,1	
Мальцовский ПЦ 500-Д0-Н Объект	Прочность на сжатие, МПа	40,9		44,2	
	V воздуха, %	6,8		6,5	

Подготовка бетонного полотна на натурном стенде



Washbeton



Щеткование

Команда специалистов, уложивших первый «Вашбетон» в России



Полигон МАДИ. Натурные испытания.



Выписка из протокола испытаний по морозостойкости F₂₃₀₀

Заполнитель Цемент	ГОСТ 10060 третий ускоренный метод	Габбро 5-20мм	Габбро 4-8 мм	Гранит 5-20 мм	Порфирит 5-15 мм
Щуровский ЦЕМ I 42.5Н Лаборатория	Прочность на сжатие контрольных образцов кубов, МПа	43,5	38,0		43,4
	Прочность на сжатие основных образцов кубов, МПа	46,1	42,6		42,7
X _{min2} ≥ 0,9*X _{min1}	МПа	39,7 ≥ 36,0	34,3 ≥ 29,7		37,5 ≥ 35,5
Щуровский ПЦ 500-Д0-Н Лаборатория	Прочность на сжатие контрольных образцов кубов, МПа	47,4	46,9		47,3
	Прочность на сжатие основных образцов кубов, МПа	51,9	49,0		47,7
X _{min2} ≥ 0,9*X _{min1}	МПа	45,7 ≥ 36,0	44,0 ≥ 36,8		40,1 ≥ 39,4
Мальцовский ПЦ 500-Д0-Н Лаборатория	Прочность на сжатие контрольных образцов кубов, МПа			50,2	
	Прочность на сжатие основных образцов кубов, МПа			48,9	
X _{min2} ≥ 0,9*X _{min1}				42,2 ≥ 39,7	
Потери щебня по массе, 37 циклов	до 2 %	0,69	4,48	0,57	1,02

Характер колеи на цементобетонном покрытии

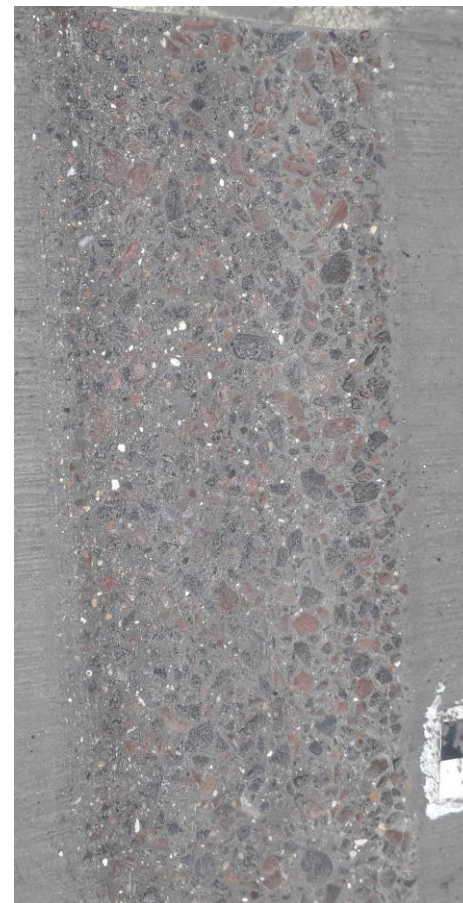


Гранит 5-20мм



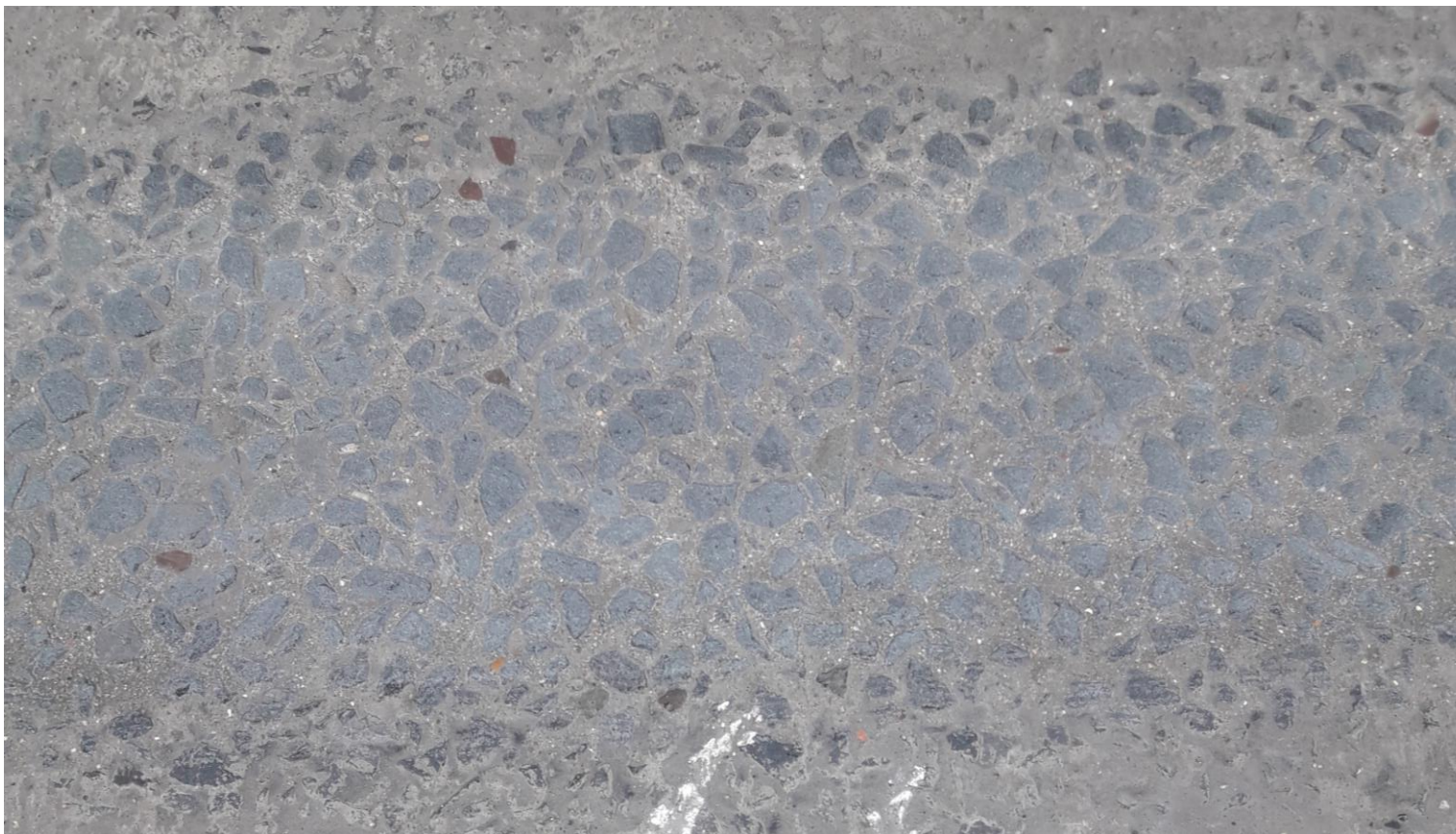
Габбро 4-8мм

Полигон МАДИ. Содержание гравия в песке. Контрольное сито 2 мм



Полигон МАДИ. Песок просеян

**Состав №4 Порфирит фр.5-15; песок сеянный,
ЦЕМ I 42,5Н (Щурово); Vвозд 5,1%; Rсж 44,0 МПа**



Выводы ЛафаржХолсим Россия

1. Установлено, что для снижения образования колеи требуется:
 - Песок не должен содержать в составе гравий фр. более 3 мм
 - Применять щебень нескольких узких фракций М90/10 для выстраивания непрерывной гранулометрии
 - обязательно с максимальным размером 20мм на круглых или 16 мм на квадратных ситах
 - Содержание щебня в смеси (должно быть не менее 50 объемных %)
 - Водопоглощение щебня не должно превышать 1%
 - Содержание вовлечённого воздуха не должно превышать 7%
2. Установлено, что применение бетона, классифицируемого как В30 Вtb4,0 и применяемого для верхнего слоя цементобетонного покрытия, **не является гарантией** от образования колеи при контакте с зимними шинами, оборудованными шипами противоскольжения.
3. Для уменьшения потенциального образования колеи истирания в следствие воздействия зимних шин, оборудованных шипами противоскольжения, следует подбирать материалы, показывающие наибольшую износостойкость при **Северном испытании (Нордик тест)**. А смесь следует проверить на **полигоне МАДИ**.

Выводы ЛафаржХолсим Россия

4. Наличие или отсутствие микрокремнезема в составах бетонных смесей не оказало влияния на истираемость покрытия, требуется дальнейшее исследование его влияния.
5. При правильном подборе составов бетонной смеси с точки зрения ее упаковки, даже со «слабыми» материалами, **не происходит сверхнормативного** колееобразования, которое наблюдалось на участке М4 «Дон».
6. Колее истирания невозможно полностью избежать, но возможно ее значительно замедлить. При этом для восстановления таких характеристик покрытия, как поперечная и продольная ровности, а также коэффициент сцепления, согласно опыта США, при расчете несущей способности дорожной одежды, **закладывать +3 см к полученной толщине покрытий**, чтобы иметь возможность каждые 15 лет снимать изношенный слой методом тонкого алмазного шлифования (grinding) до 3 раз или до 3 см с целью одновременного сохранения несущей способности покрытия, сохранения вертикальной отметки красной линии и возможности перекрыть его в будущем тонким слоем износа из асфальтобетона или цементобетона.

Выводы МАДГТУ (МАДИ)

- 1. В результате испытания цементобетонных покрытий на истираемость, установлено, что максимальную истираемость показал состав бетона №5 с применением наименьших фракций щебня. Минимальную истираемость продемонстрировали составы бетонов №3 и №4 изготовленные с применением порфирита фракции 5-15мм в качестве крупного заполнителя.
- 2. При первых 5 тыс. проходов колеса с шипованной резиной у составов бетонов, обработанных методом «щеткования» была зафиксирована наибольшая истираемость покрытий. В этот период происходит истирание растворной части, образующейся на поверхности цементобетонного покрытия при его устройстве. Наибольшую истираемость после первых 5 тыс. проходов шипованной шины показали бетоны составов №6 и №7, изготовленные с применением гранитного щебня, имитирующие покрытие на М4 «Дон». На плитах №6, №7 была проведена обработка поверхности свежееуложенного бетона щеткой с пластиковым ворсом. В дальнейшем износ на этих цементобетонных покрытиях замедлился.

Выводы МАДГТУ (МАДИ)

- 3. Как показали результаты испытаний значительное влияние на износ цементобетонных покрытий оказывает прочность щебня и размер его фракций. Применение более прочного заполнителя и оптимальных его фракций позволяет снизить истирание цементобетонных покрытий по действием шипованной резины в 1,5-2 раза. Строительство двухслойных цементобетонных покрытий позволяет в значительной степени сократить расход дорогостоящего щебня, применяя его только в верхнем слое покрытия.
- 4. Используя технологию «Waschbeton» можно исключить первоначальный быстрый износ бетона при сохранении требований по ровности покрытия и замедлить образование колеи в будущем за счет удаления с поверхности покрытия слабой растворной части.
- 5. Применение гидрофобизации цементобетонных покрытий, особенно в первые годы их эксплуатации, позволит в значительной степени укрепить поверхностный слой бетона и сократить разрушительное совместное воздействие противогололедных реагентов и шипованной резины.



Спасибо за внимание!

Доклад подготовлен при участии:

Менеджера по разработке продукта, бетонные смеси

Бочаровой Анжелики

Эксперименты и исследования проведены:

Инженером-технологом по применению бетонов

Ланиной Наталией совместно с коллегами из Штрабаг Гросспроджект, Гмбх

STRABAG



LafargeHolcim