

Предварительные результаты  
эксперимента по устройству  
опытных участков из ЦМА на  
МКАД, запроектированных по  
различным стандартам.

Жданов Кирилл Алексеевич

Цель проведения эксперимента:

Повышение устойчивости асфальтобетона к образованию колеи износа от воздействия шипованных шин.



Межремонтные сроки в г. Москва

**2-3 года**



# Основные факторы, влияющие на повышение износостойкости асфальтобетона

Крупность заполнителя

Состав смеси  
(повышенное содержание  
крупного заполнителя)

Прочность горных пород





# Крупность заполнителя и состав смеси

ГОСТ 31015



ЩМА-20

ГОСТ Р 58401.2



SMA - 16  
SMA - 22

ГОСТ Р 58406.1



ЩМА - 16  
ЩМА - 22



ЩМА-20, ЩМА - 16, ЩМА - 22, SMA - 16, SMA - 22,  
ЩМА - 16 (ПРО МА-СК) и ЩМА - 16 (Сера)



# Прочность заполнителя

ЩМА-20



Фр. 5-20 мм (габбро);  
Фр. 10-20 мм (габбро);  
Фр. 15-20 мм (габбро);

SMA-16 и ЩМА-16



Фр. 4-8 мм (габбро);  
Фр. 8-11,2 мм (габбро);  
Фр. 11,2-16 мм (габбро);

SMA-22 и ЩМА-22



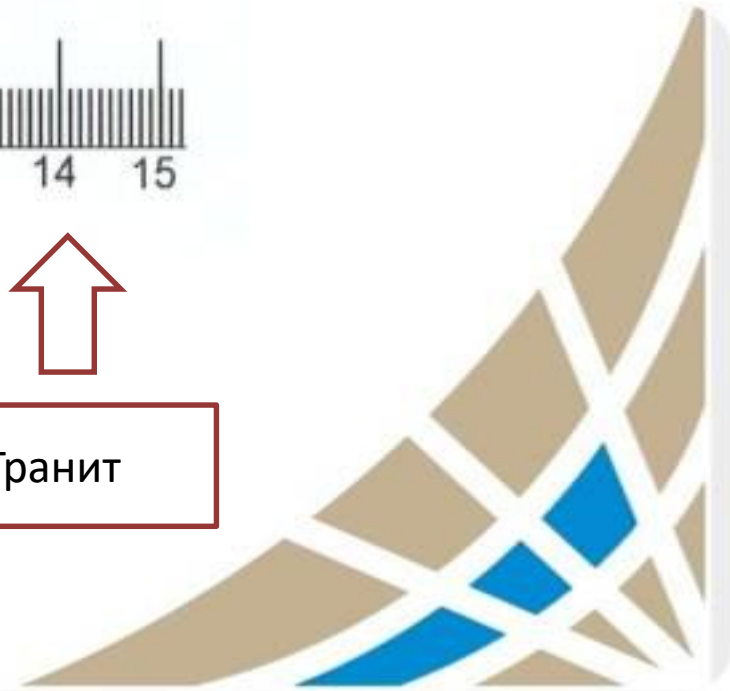
Фр. 4-8 мм (габбро);  
Фр. 8-11,2 мм (габбро);  
Фр. 11,2-16 мм (габбро);  
**Фр. 16-22,4 мм (габбро).**



# Определение горной породы



1. Габбро      2. Габбро      3. Диорит      4. Гранит      5. Гранит



## Испытания щебня

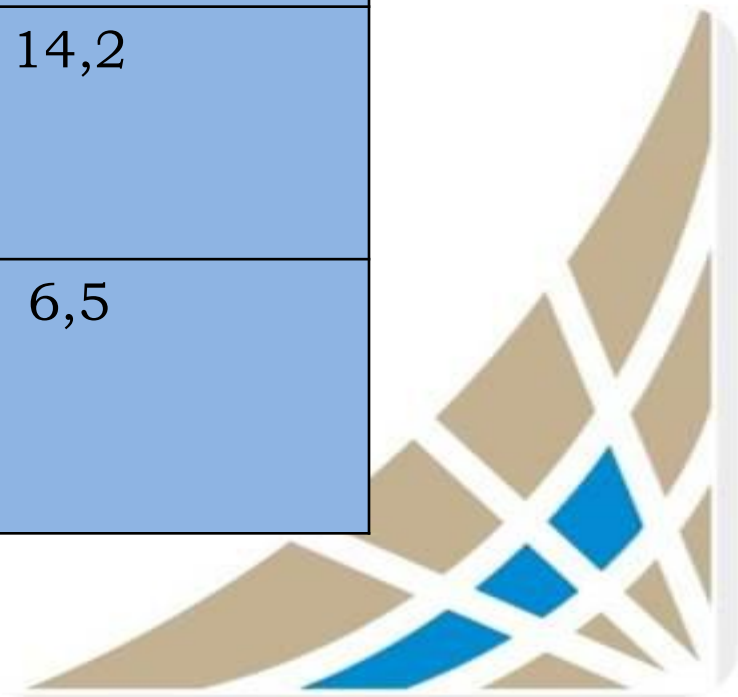
Всего было отобрано 98 проб щебня, из них:

- Фракция 4,0-8,0 мм - 19 проб
- Фракция 8,0-11,2 мм - 19 проб
- Фракция 11,2-16,0 мм - 23 пробы
- Фракция 16,0-22,4 мм - 19 проб
- Фракция 5-20 мм - 6 проб (только для ЦМА-20)
- Фракция 10-20 мм - 6 проб (только для ЦМА-20)
- Фракция 15-20 мм - 6 проб (только для ЦМА-20)



# Результаты испытаний щебня

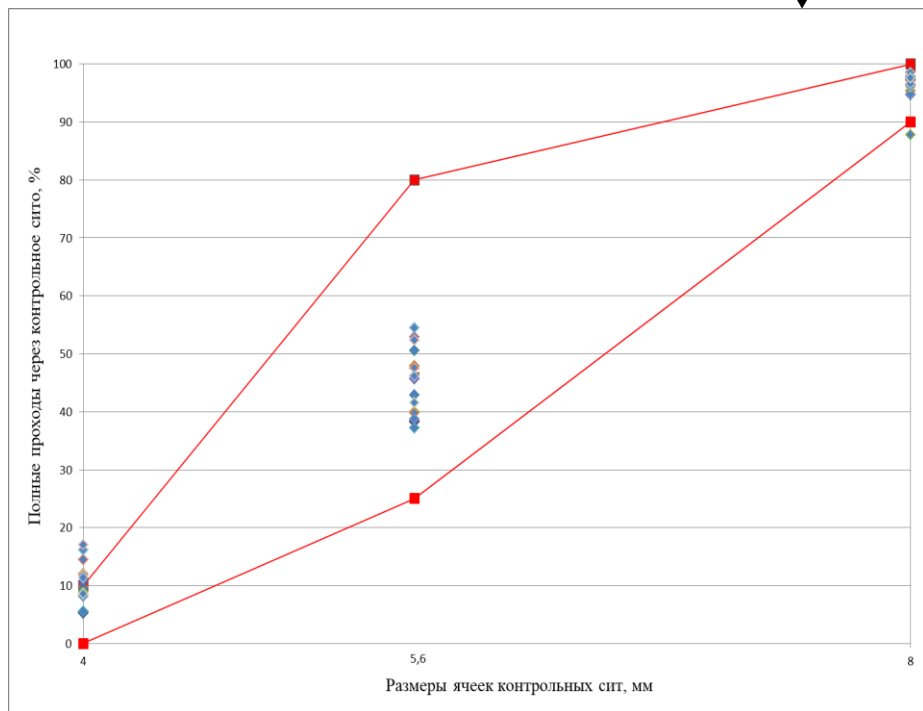
<b>Наименование показателя</b>	<b>Щебень для приготовления ЦМА-20 (осредненные значения по всем фракциям)</b>	<b>Щебень для приготовления ЦМА-16, SMA-16, ЦМА-22, SMA-22 (осредненные значения по всем фракциям)</b>
Определение дробимости (потеря по массе), %	3,9	4,5
Определение сопротивления дроблению и износу в полочном барабане (потеря по массе), %	13,1	14,2
Определение сопротивления дроблению и износу в установке микро-Деваль (потеря по массе), %	5,7	6,5



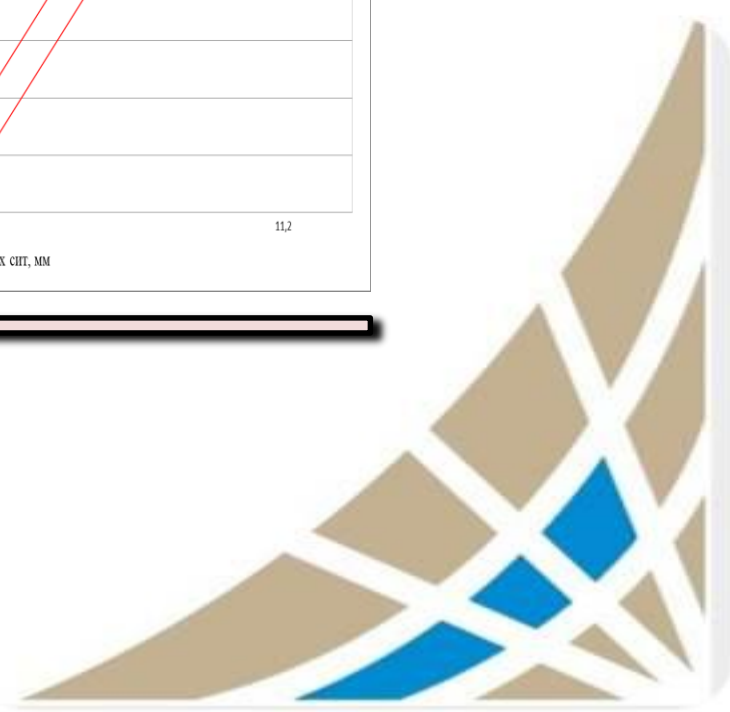
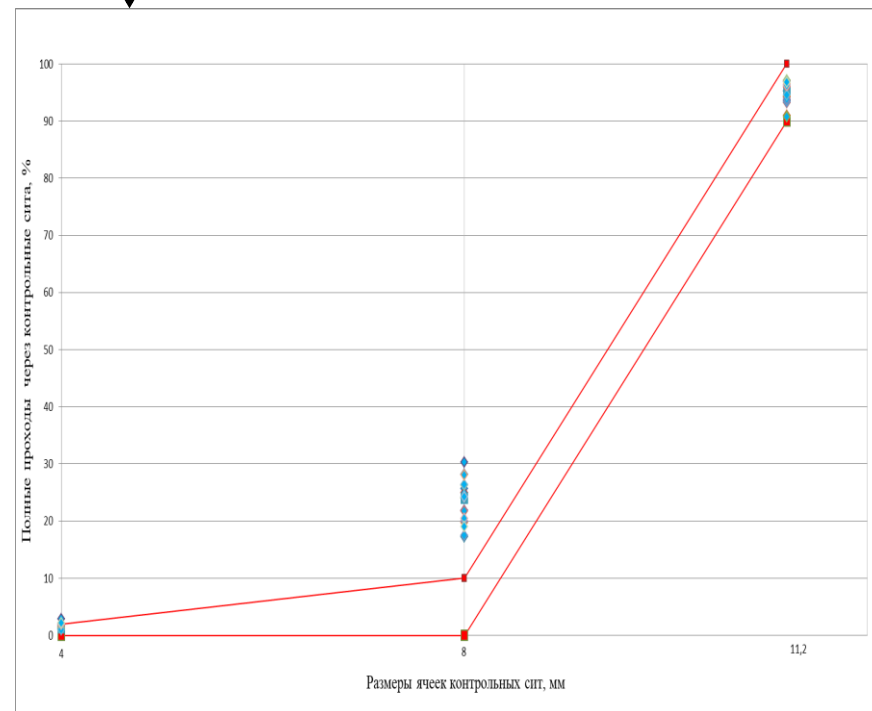


# Анализ однородности применяемого щебня

Фракция 4,0 - 8,0 мм



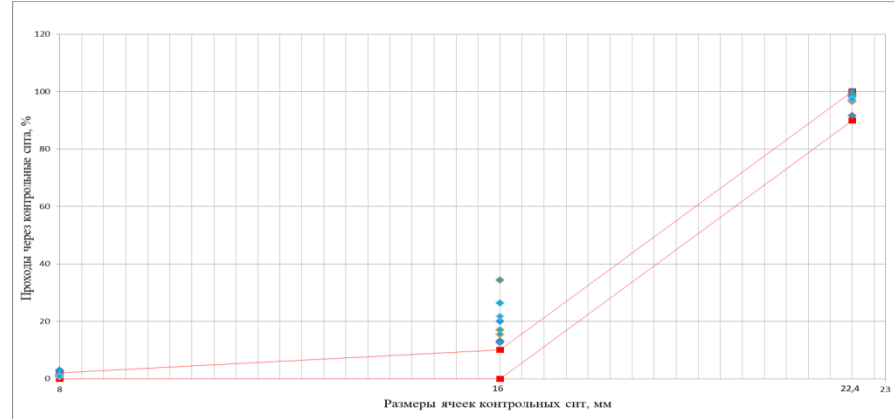
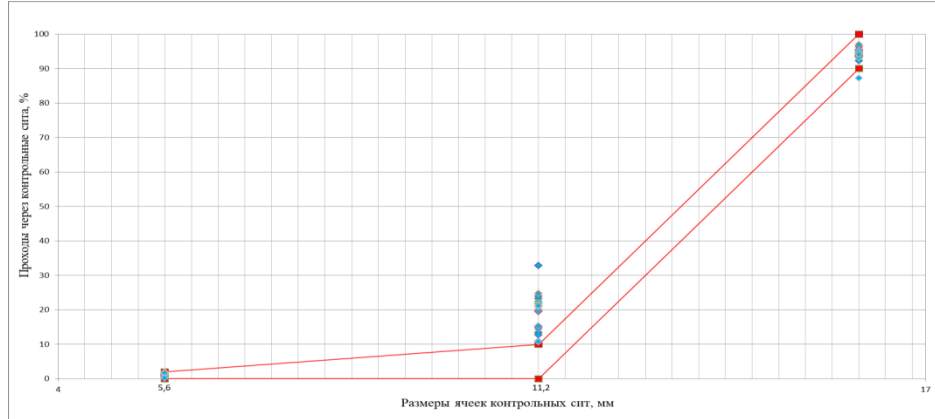
Фракция 8,0 - 11,2 мм



# Анализ однородности применяемого щебня

Фракция 11,2-16,0 мм

Фракция 16,0-22,4 мм

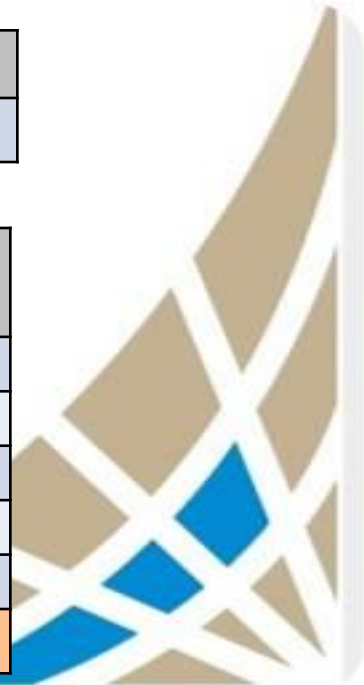


## ГОСТ 8267

Диаметр отверстий контрольных сит, мм	d	0,5(d+D)	D	1,25D
Полные остатки на ситах, % по массе	От 90 до 100	От 30 до 60 (80)	До 10	До 0,5

## ГОСТ 32703

Размеры ячеек контрольных сит, мм	2D	1,4D	D	d	d/2	Марка
Проходы через сито, % по массе	100	100	От 90 до 100	От 0 до 10	От 0 до 2	90/10
	100	От 98 до 100	От 90 до 100	От 0 до 15	От 0 до 5	90/15
	100	От 98 до 100	От 90 до 100	От 0 до 20	От 0 до 5	90/20
	100	От 98 до 100	От 85 до 100	От 0 до 15	От 0 до 5	85/15
	100	От 98 до 100	От 85 до 100	От 0 до 20	От 0 до 5	85/20
	100	От 98 до 100	От 85 до 100	От 0 до 35	От 0 до 5	85/35



# Приготовление щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей

Выпуск всех щебеночно-мастичных смесей, которые были утверждены для укладки на участке МКАД, проводился на ПК АБЗ «Курьяново». На АБЗ установлен смеситель Benninghoven TVA 3000, производительность 240 т/ч, с накопительным бункером, который позволяет оптимизировать непрерывный выпуск асфальтобетонных смесей.

Для определения стабильности выпуска смесей на АБЗ, был проведен отбор проб смесей, для определения показателей качества смеси в сравнении с проектными данными, а также замер температуры выпускаемой смеси.

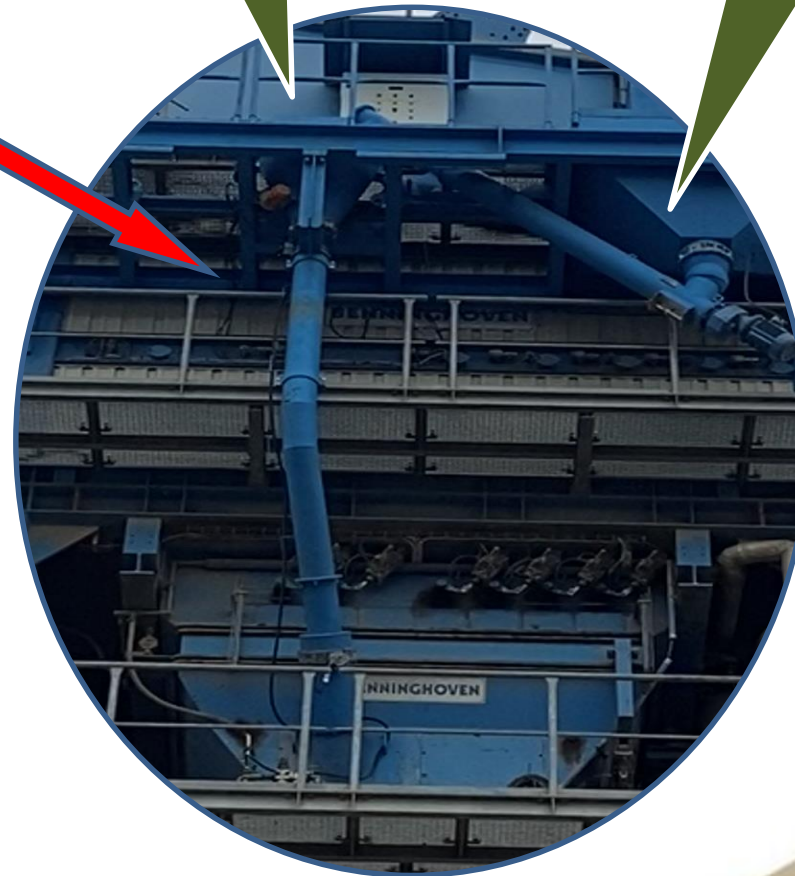


# ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ АБЗ



Дозатор серы

Бункер для серы

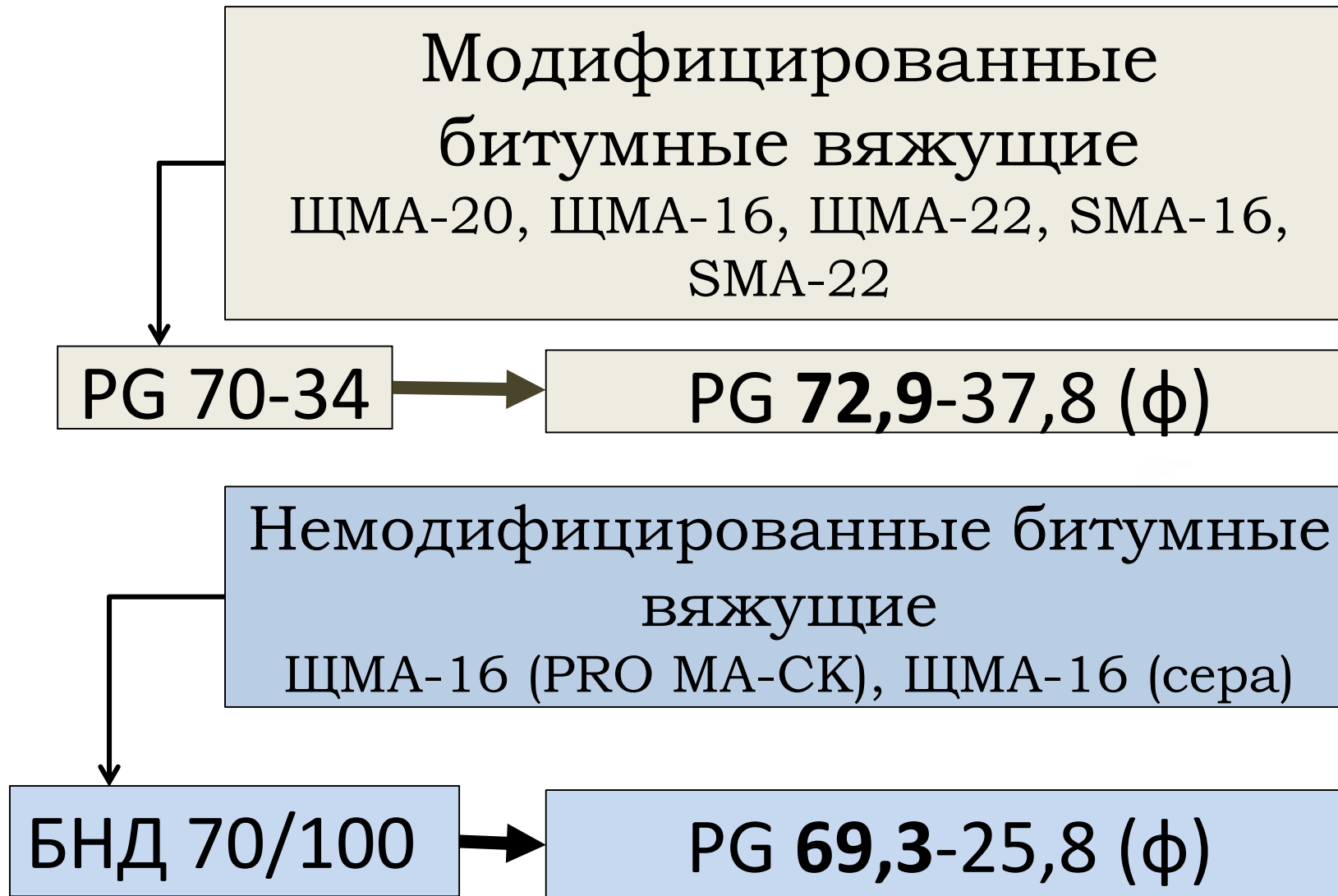


Слайд взят из презентации  
Ю.Э. Васильева





## Применяемые битумные вяжущие



# Проведение эксперимента по приготовлению и укладке различных видов щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей

Для проведения эксперимент по приготовлению и укладке асфальтобетонного покрытия был определен участок МКАД км 86-90 внутреннего кольца. Всего было приготовлено и уложено 7 щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей по различным нормативным документам, а именно:

**ЩМА – 20** в соответствии с ГОСТ 31015 – 2002 на битумном вяжущем PG 70-34;

**ЩМА – 22** в соответствии с ГОСТ Р 58406.1 – 2020 на битумном вяжущем PG 70-34;

**SMA – 22** в соответствии с ГОСТ Р 58401.2 – 2019 на битумном вяжущем PG 70-34;

**SMA – 16** в соответствии с ГОСТ Р 58401.2 – 2019 на битумном вяжущем PG 70-34;

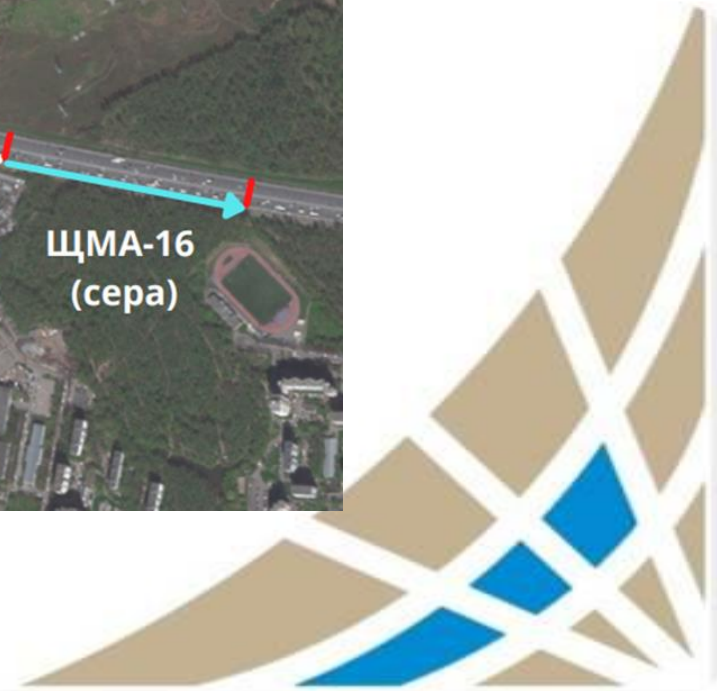
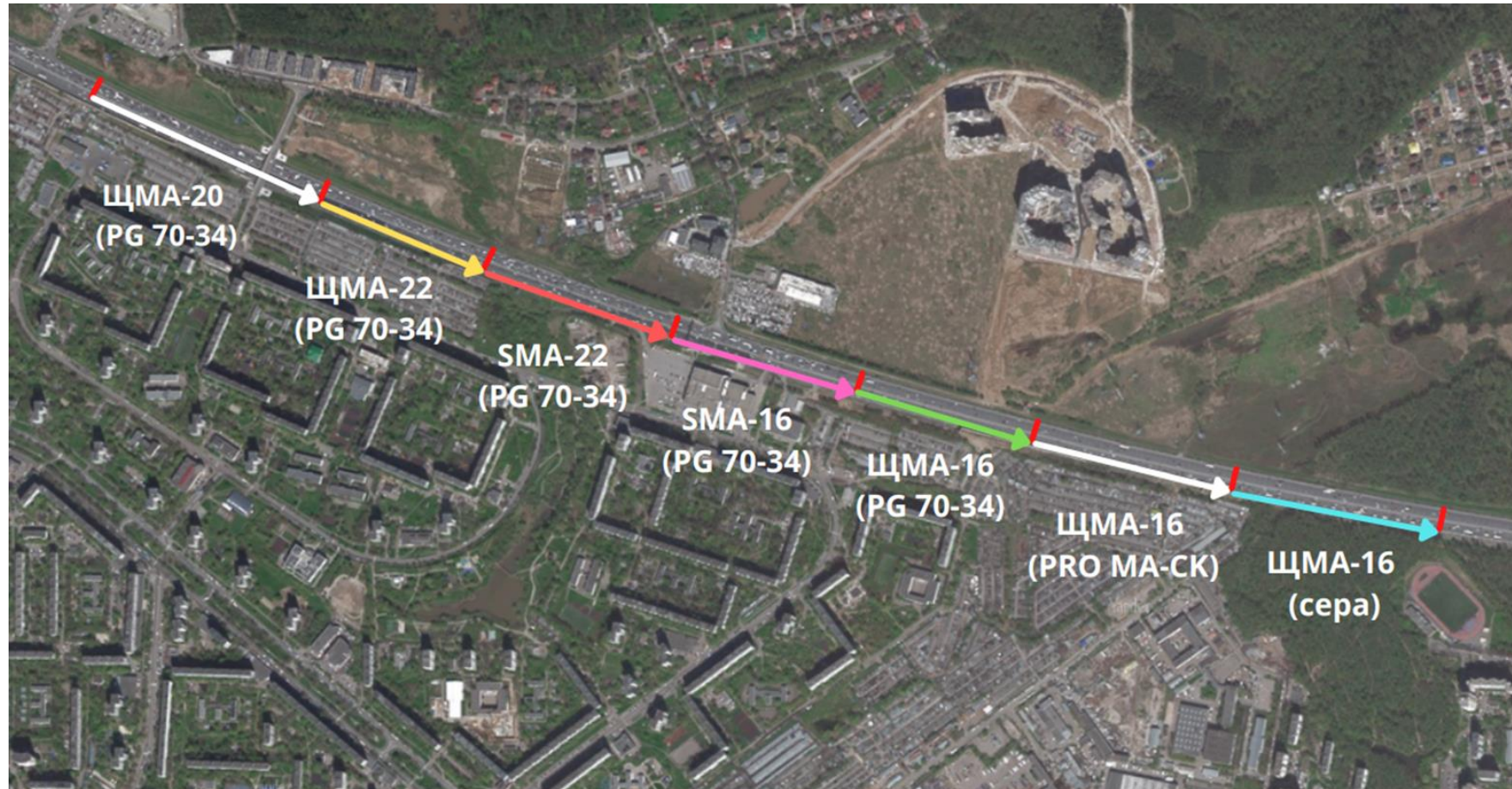
**ЩМА – 16** в соответствии с ГОСТ Р 58406.1 – 2020 на битумном вяжущем PG 70-34;

**ЩМА – 16** в соответствии с ГОСТ Р 58406.1 – 2020 на битумном вяжущем БНД 70/100 с универсальной добавкой PROpolymer MA-CK (ЩМА – 16 (PRO MA-CK) );

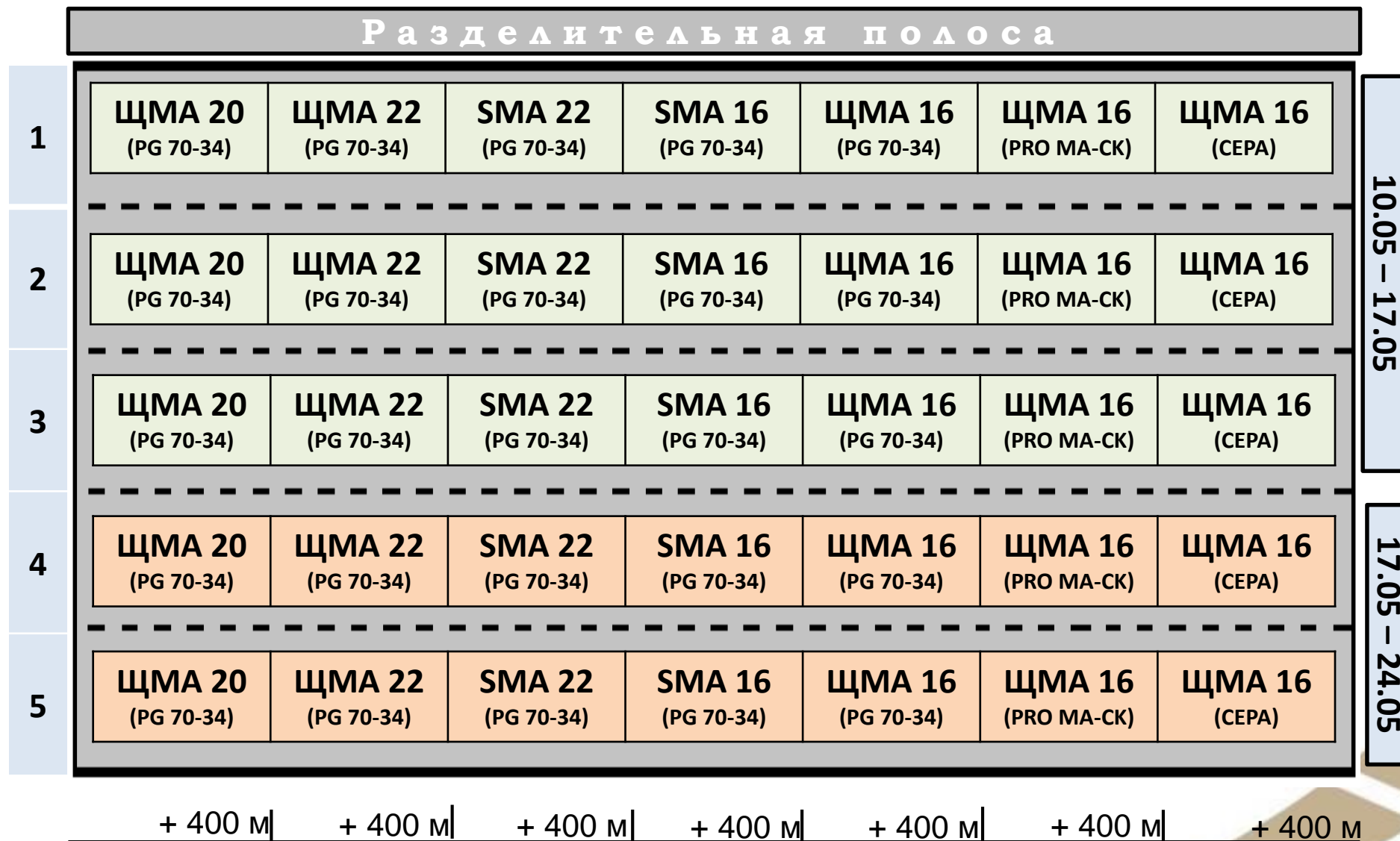
**ЩМА – 16** в соответствии с ГОСТ Р 58406.1 – 2020, с применением модифицированной серы, на битумном вяжущем БНД 70/100 (ЩМА-16 (Сера)).



# Экспериментальные участки по устройству асфальтобетонного покрытия на МКАД (внутренняя сторона) км 86+000- км 88+788



# Схема укладки смесей





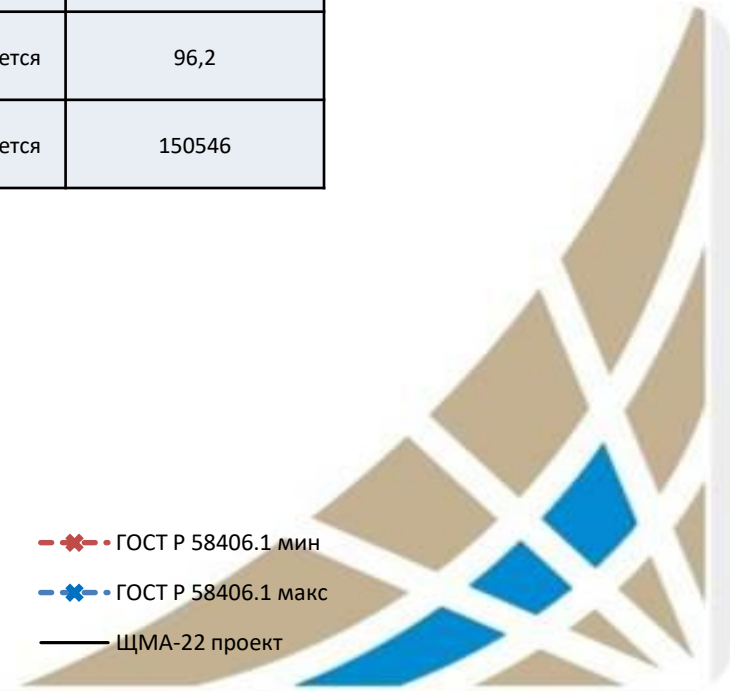
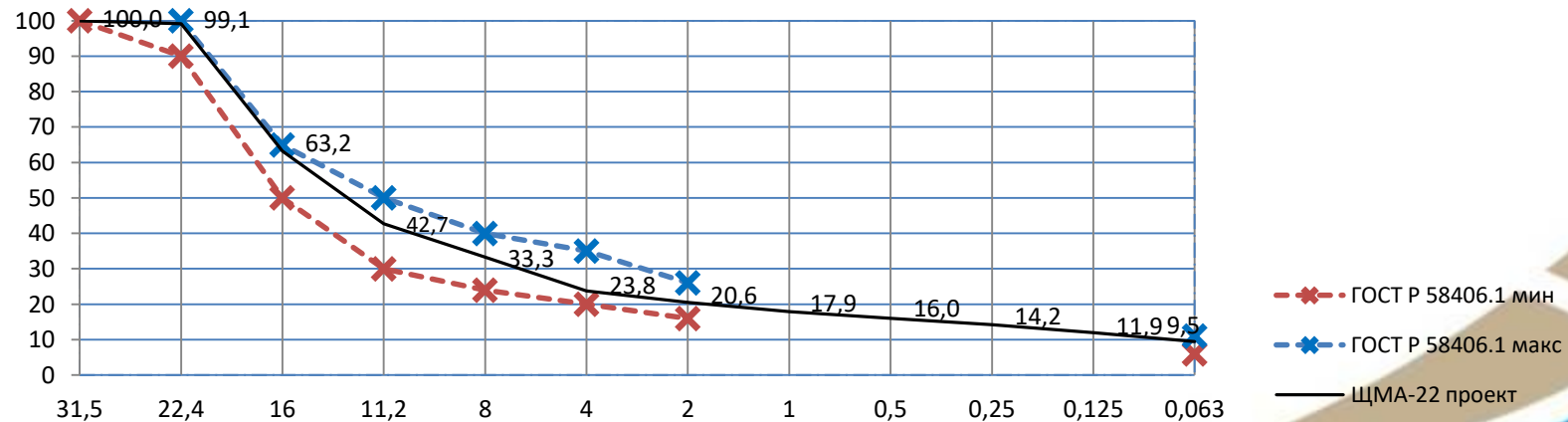
# Проектирование ЩМА-22

Состав смеси

Наименование материалов	Состав смеси (битум сверх 100%)	Состав смеси (битум в 100%)
Щебень габбро фр. 4-8	5,00	4,7
Щебень габбро фр. 8-11,2	12,00	11,4
Щебень габбро фр. 11,2-16	15,00	14,2
Щебень габбро фр. 16-22,4	45,00	42,6
Песок дробленый габбро	13,00	12,3
Минеральный порошок МП-1	10,00	9,5
Стабилизирующая добавка "Viator"	0,40	0,4
Битумное вяжущее PG 70-34	5,20	4,9

Проектные свойства смеси

Наименование показателей	Требования ГОСТ Р 58406.1-2020	Фактические показатели
Объемная плотность, г/см <sup>3</sup>	не нормируется	2,624
Максимальная плотность, г/см <sup>3</sup>	не нормируется	2,709
Содержание воздушных пустот, %	от 2,5 до 5,0	3,1
Пустоты в минерального заполнителя, ПМЗ, %	не менее 16	16,0
Истираемость, см <sup>3</sup>	класс 1 (до 25)	17,9
Стекание вяжущего, %	не более 0,20	0,14
Коэффициент водостойкости	не менее 0,85	0,96
Средняя глубина колеи, мм	не более 4,0	3,8
Остаточная прочность после воздействия реагентов, %	не нормируется	96,2
Усталостная долговечность при 10 С°, циклы	не нормируется	150546



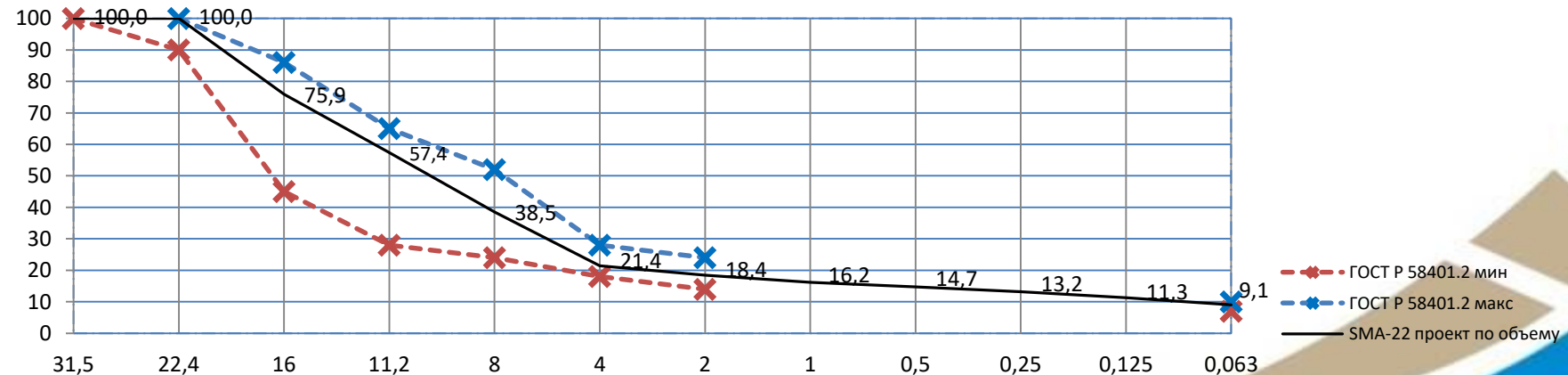
# Проектирование SMA-22

## Состав смеси

Наименование материалов	Состав смеси (битум сверх 100%)	Состав смеси (битум в 100%)
Щебень габбро фр. 4-8	9,00	8,5
Щебень габбро фр. 8-11,2	27,00	25,5
Щебень габбро фр. 11,2-16	15,00	14,2
Щебень габбро фр. 16-22,4	30,00	28,3
Песок дробленый габбро	10,00	9,3
Минеральный порошок МП-1	9,00	8,5
Стабилизирующая добавка "Viatop"	0,40	0,4
Битумное вяжущее PG 70-34	5,60	5,3

## Проектные свойства смеси

Наименование показателей	Требования ГОСТ Р 58401.2-2019	Фактические показатели
Объемная плотность, г/см <sup>3</sup>	не нормируется	2,593
Максимальная плотность, г/см <sup>3</sup>	не нормируется	2,708
Содержание воздушных пустот, %	от 3,7 до 4,3	4,2
Пустоты минерального заполнителя, ПМЗ, %	не менее 17	17,2
Пустоты крупного заполнителя, ПКЗDRC, %	более чем ПКЗ	44,6
Пустоты крупного заполнителя в смеси, ПКЗ, %	менее чем ПКЗDRC	32,1
Стекание вяжущего, %	не более 0,3	0,17
Коэффициент водостойкости	не менее 0,80	0,99
Средняя глубина колеи, мм	не более 3,5	3,0
Истираемость, см <sup>3</sup>	не нормируется	16,9
Остаточная прочность после воздействия реагентов, %	не нормируется	97
Усталостная долговечность при 10 °С, циклы	не нормируется	180036



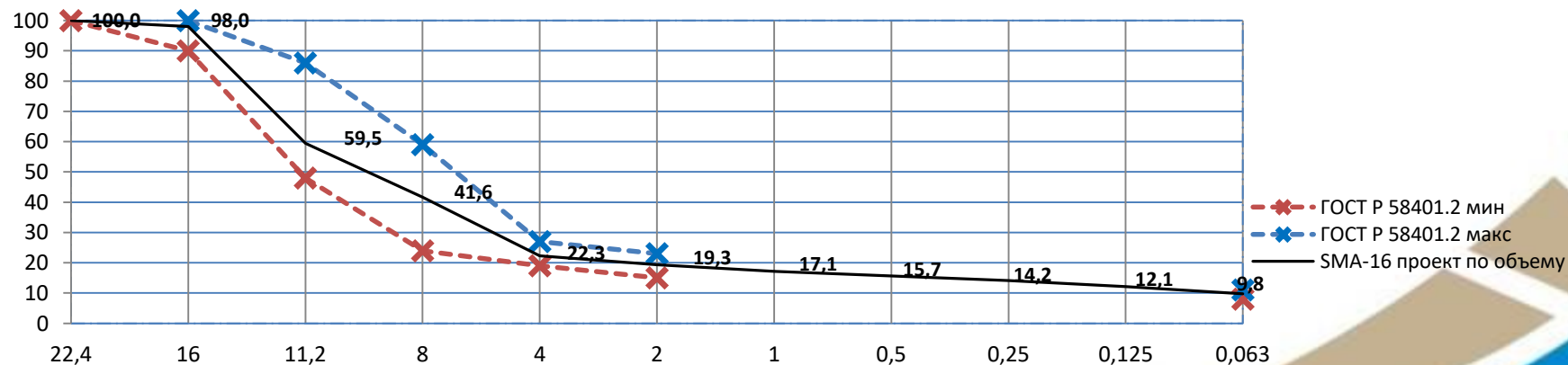
# Проектирование SMA-16

## Состав смеси

Наименование материалов	Состав смеси (битум сверх 100%)	Состав смеси (битум в 100%)
Щебень габбро фр. 4-8	10,0	9,4
Щебень габбро фр. 8-11,2	21,0	19,8
Щебень габбро фр. 11,2-16	49,0	46,3
Песок дробленый габбро	10,0	9,4
Минеральный порошок МП-1	10,0	9,4
Стабилизирующая добавка "Viator"	0,4	0,4
Битумное вяжущее PG 70-34	5,6	5,3

## Проектные свойства смеси

Наименование показателей	Требования ГОСТ Р 58401.2-2019	Фактические показатели
Объёмная плотность, г/см <sup>3</sup>	не нормируется	2,586
Максимальная плотность, г/см <sup>3</sup>	не нормируется	2,702
Содержание воздушных пустот, %	от 3,7 до 4,3	4,3
Пустоты минерального заполнителя, ПМЗ, %	не менее 17	17,4
Пустоты крупного заполнителя, ПКЗDRC, %	более чем ПКЗ	45,5
Пустоты крупного заполнителя в смеси, ПКЗ, %	менее чем ПКЗDRC	33,1
Стекание вяжущего, %	не более 0,3	0,19
Коэффициент водостойкости	не менее 0,80	0,97
Средняя глубина колеи, мм	не более 3,5	3,1
Истираемость, см <sup>3</sup>	не нормируется	16,6
Остаточная прочность после воздействия реагентов, %	не нормируется	98,1
Усталостная долговечность при 10 °С, циклы	не нормируется	169322



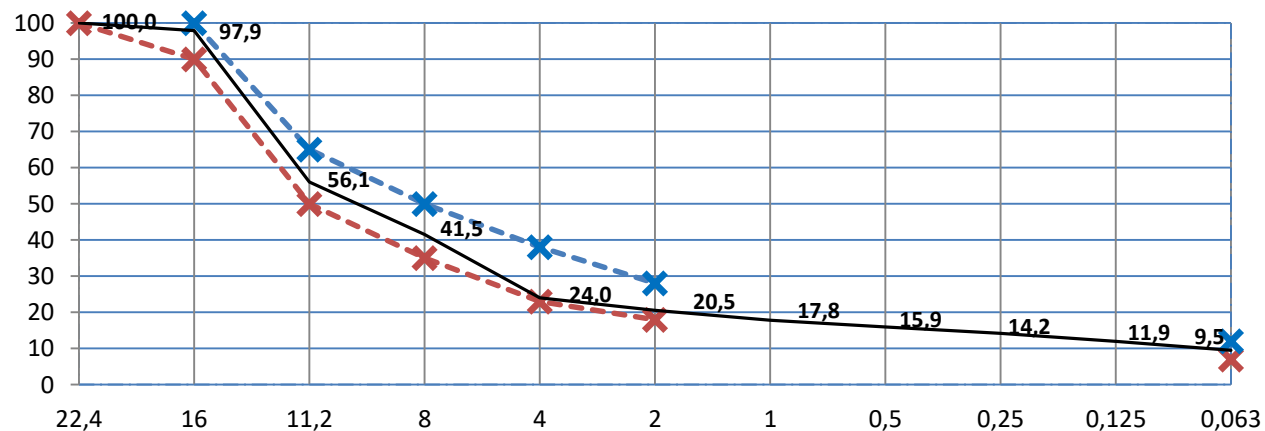
# Проектирование ЩМА-16

## Состав смеси

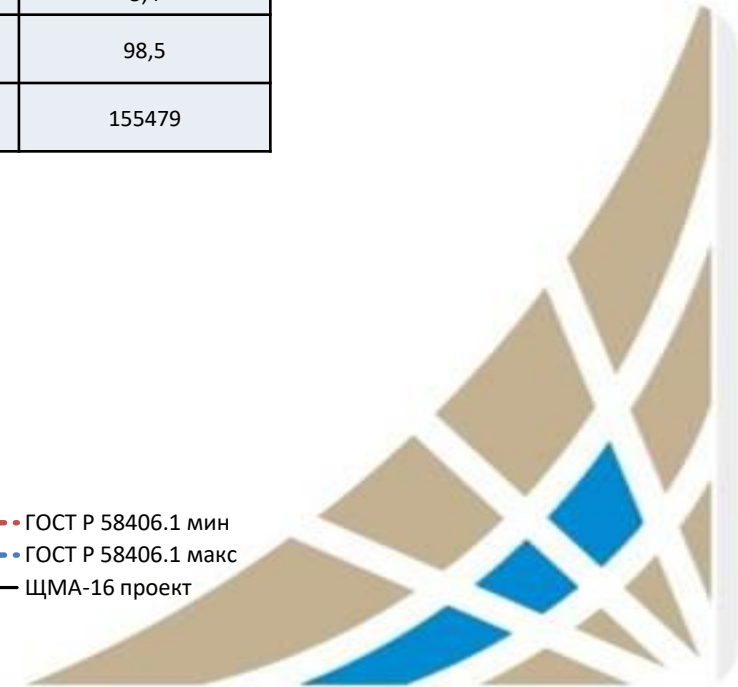
Наименование материалов	Состав смеси (битум сверх 100%)	Состав смеси (битум в 100%)
Щебень габбро фр. 4-8	9,0	8,5
Щебень габбро фр. 8-11,2	15,0	14,2
Щебень габбро фр. 11,2-16	53,0	50,1
Песок дробленый габбро	13,0	12,3
Минеральный порошок МП-1	10,0	9,5
Стабилизирующая добавка "Viator"	0,40	0,4
Битумное вяжущее PG 70-34	5,3	5,0

## Проектные свойства смеси

Наименование показателей	Требования ГОСТ Р 58406.1-2020	Фактические показатели
Объёмная плотность, г/см <sup>3</sup>	не нормируется	2,620
Максимальная плотность, г/см <sup>3</sup>	не нормируется	2,704
Содержание воздушных пустот, %	от 2,0 до 4,0	3,1
Пустоты в минеральном заполнителе, ПМЗ, %	не менее 16	16,1
Истираемость, см <sup>3</sup>	1 класс (до 25)	17,6
Стекание вяжущего, %	не более 0,20	0,15
Коэффициент водостойкости	не менее 0,85	0,95
Средняя глубина колеи, мм	не более 4,0	3,4
Остаточная прочность после воздействия реагентов, %	не нормируется	98,5
Усталостная долговечность при 10 °С, циклы	не нормируется	155479



- - - \* - ГОСТ Р 58406.1 мин  
 - - - \* - ГОСТ Р 58406.1 макс  
 — — — — ЩМА-16 проект

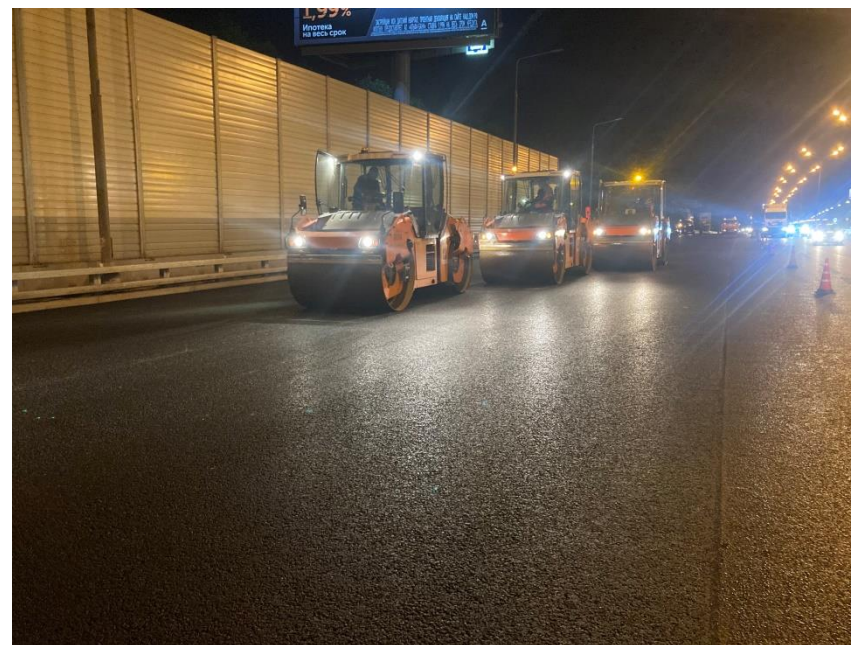




# Производство работ

Укладка щебеночно-мастичных смесей проводилась в соответствии с техническим регламентом, специально разработанным конкретно под этот экспериментальный участок. Перед началом укладки отфрезерованное покрытие тщательно прометалось, обеспыливалось и подгрунтовывалось эмульсией. Укладка проводилась параллельно в два асфальтоукладчика приблизительно на половину ширины проезжей части. Асфальтоукладчики оборудованы автоматической нивелировочной системой для контроля ровности укладки смеси!

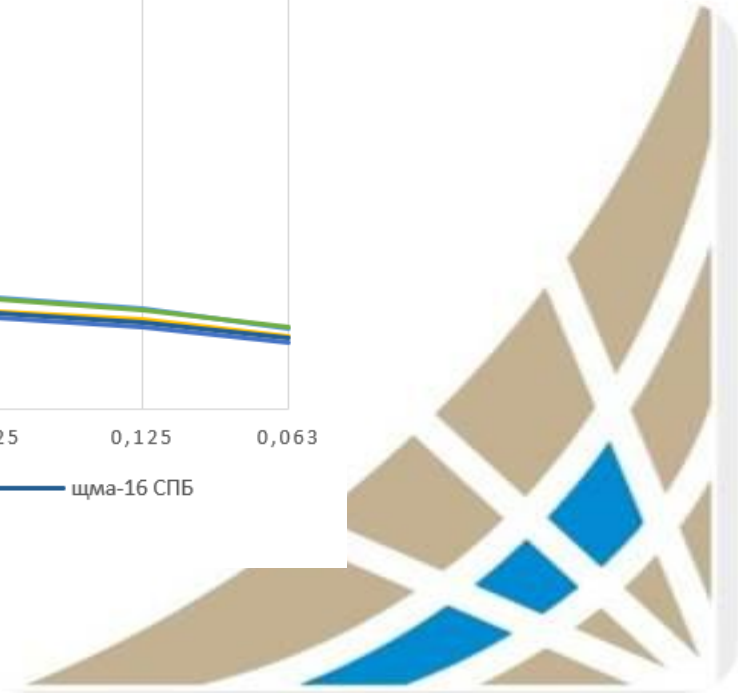
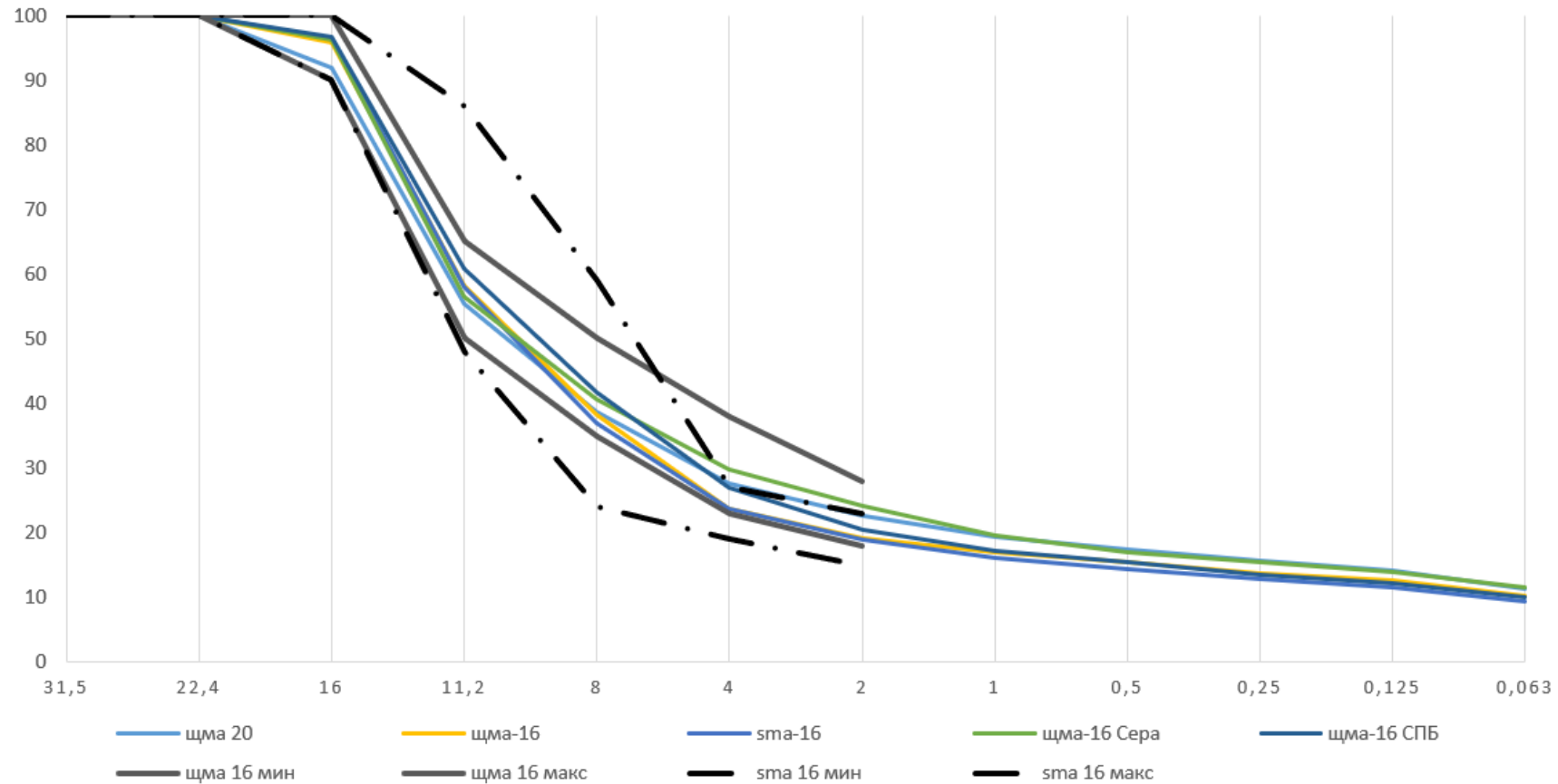
---



# Сравнение зерновых составов на ситах с квадратной формой ячеек

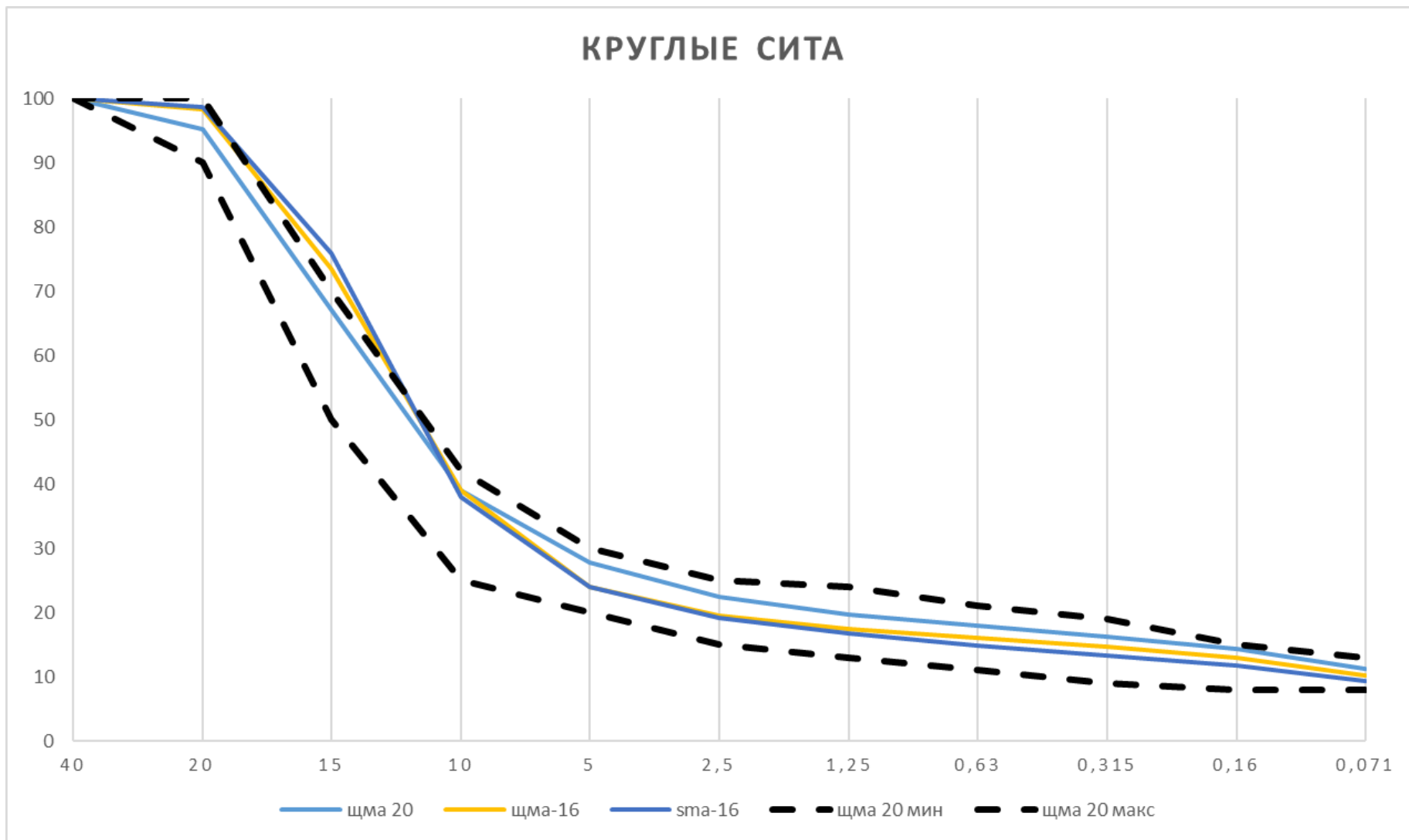
Требованиям для щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей с номинально максимальным размером зерен заполнителя 16 мм.

## КВАДРАТНЫЕ СИТА



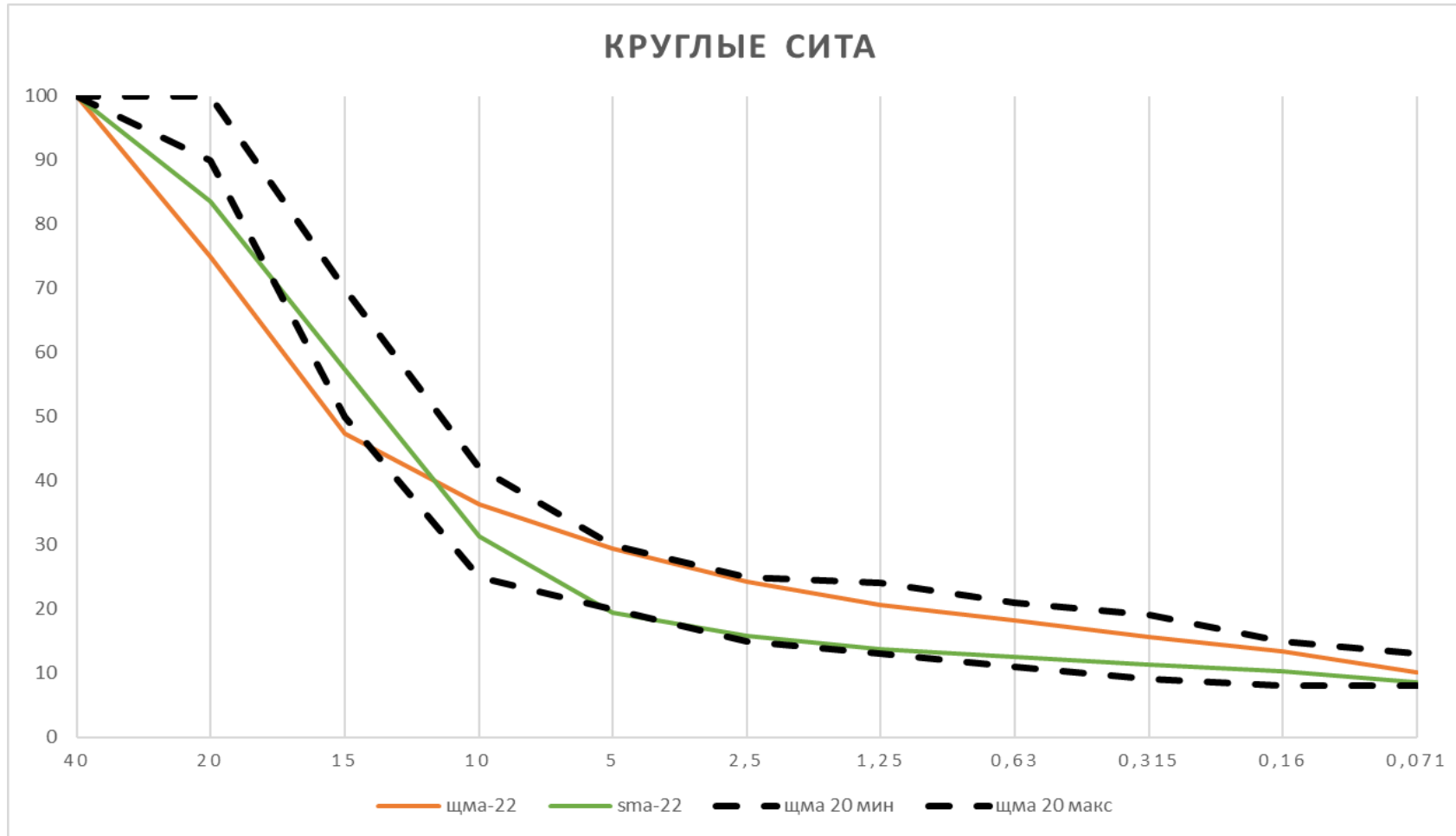
# Сравнение зерновых составов на ситах с круглой формой ячеек

Требованиям ГОСТ 31015 для ЩМА-20



# Сравнение зерновых составов на ситах с круглой формой ячеек

Щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси с номинально максимальным размером зерен заполнителя 22,4 мм.





# Результаты испытаний физико-механических показателей щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей в соответствии с требованиями ГОСТ Р 58401.2/ГОСТ Р 58406.1

## Основные показатели:

Основные показатели	Требования ГОСТ Р 58401.2/58406.1	ЩМА-20	ЩМА-16	SMA-16	ЩМА-16 (Сера)	ЩМА-16 (PRO MA-CK)	ЩМА-22	SMA-22
Объемная плотность, г/см <sup>3</sup>	не нормируется	2,601	2,590	2,569	2,632	2,609	2,614	2,590
Максимальная плотность, г/см <sup>3</sup>	не нормируется	2,688	2,706	2,693	2,725	2,677	2,715	2,720
Содержание воздушных пустот, %	Указано в скобках в зависимости от утвержденного рецепта	3,2	4,3 (от 2,0 до 4,3)	4,6 (от 3,1 до 5,5)	3,4 (от 2,6 до 5,0)	2,5 (от 2,0 до 3,8)	3,7 (от 2,5 до 4,3)	4,8 (от 2,9 до 5,3)
Пустоты в минеральном заполнителе, %	не менее 17,0/16,0	<b>14,9</b>	16,8	17,9	16,0	16,5	16,2	17,2
Средняя глубина колеи, мм	не более 3,5/4,0	2,8	3,3	2,9	<b>7,4</b>	3,6	3,4	3,0

## Дополнительные показатели:

Тип, марка асфальтобетона	Требования ГОСТ Р 58406.1	ЩМА-20	ЩМА-16	SMA-16	ЩМА-16 (Сера)	ЩМА-16 (PRO MA-CK)	ЩМА-22	SMA-22
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	Не менее 7,5	12,4	9,5	9,2	10,3	10,3	11,9	8,6
Предельная относительная деформация растяжения	Не менее 0,005	0,008	0,007	0,008	0,006	0,007	0,008	0,008
Угол наклона кривой колееобразования, мм/1000 циклов	Не более 0,15	0,06	0,09	0,07	0,15	0,05	0,04	0,09
Истираемость, см <sup>3</sup>	1 класс (до 25)	22,2	23,0	18,1	22,2	23,6	18,5	16,8



# Результаты испытаний физико-механических показателей щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей в соответствии с требованиями ГОСТ 31015

Тип, марка асфальтобетона	Требования ГОСТ 31015-2002 (II дкз)	ЩМА-20	ЩМА-16	SMA-16	ЩМА-16 (Сера)	ЩМА-16 (PRO MA-CK)	ЩМА-22	SMA-22	
Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>	не нормируется	2,69	2,69	2,68	2,74	2,67	2,70	2,71	
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	не нормируется	2,63	2,61	2,59	2,72	2,63	2,62	2,61	
Остаточная пористость, %	от 1,5 до 4,5	2,2	3,0	3,4	<b>0,7</b>	1,5	3,0	3,7	
Пористость минеральной части, %	от 15 до 19	15,6	17,7	18,9	<b>14,7</b>	17,5	17,1	18,0	
Водонасыщение, %	от 1,0 до 4,0	1,8	2,7	1,9	<b>0,6</b>	1,4	2,1	2,5	
Трещиностойкость, МПа	От 2,5 до 6,0	3,5	2,7	3,1	4,4	5,0	2,9	3,1	
Предел прочности R 20°C, МПа	не менее 2,2	2,8	2,6	2,3	2,8	3,4	2,5	2,3	
Предел прочности R 50°C, МПа	не менее 0,65	1,08	0,95	0,72	1,01	1,05	0,95	0,80	
Сдвигоустойчивость	tgφ	Не менее 0,93	0,95	0,95	0,95	0,96	<b>0,92</b>	0,93	0,97
	Сл, МПа	Не менее 0,18	0,32	0,28	<b>0,17</b>	0,22	0,32	0,28	0,21



## Вид образцов после стандартного уплотнения

Статическое  
уплотнение на  
прессе ГОСТ 12801



Уплотнение на  
уплотнителе  
Маршалла  
ГОСТ Р 58406.9

Уплотнение на  
вращательном  
уплотнителе  
ГОСТ Р 58401.13

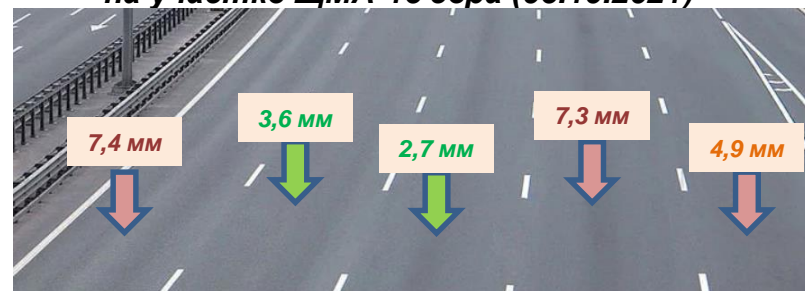


Тип, марка асфальтобетона		Требования ГОСТ 31015/ГОСТ Р 58401.2/ГОСТ Р 58406.1	SMA-16	ЩМА-16 (PRO МА-СК)	ЩМА-16 (Сера)	SMA-22
Предел прочности R 50°C, МПа		не менее 0,65/не нормируется	0,72	1,05	1,01	0,80
Сдвигоустойчивость	tgφ	не менее 0,93/не нормируется	0,95	0,92	0,96	0,97
	Сл, МПа	не менее 0,18/не нормируется	0,17	0,32	0,22	0,21
Средняя глубина колеи, мм		не нормируется/не более 3,5/4,0	2,9	3,6	7,4	3,0

**Результаты измерения колеиности  
на участке SMA-16 (06.10.2021)**



**Результаты измерения колеиности  
на участке ЩМА-16 сера (06.10.2021)**



**Результаты измерения колеиности  
на участке ЩМА-16 PRO МА-СК (06.10.2021)**



**Результаты измерения колеиности  
на участке SMA-22 (06.10.2021)**

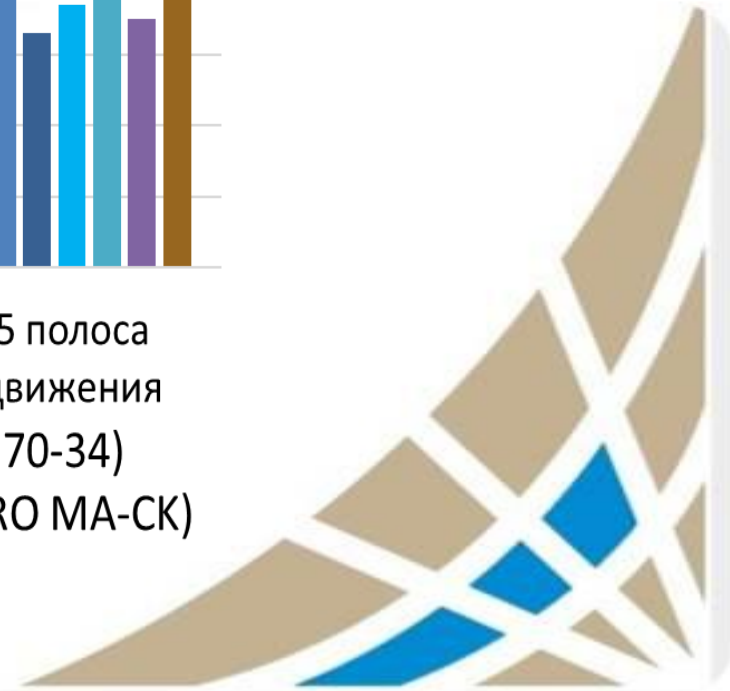
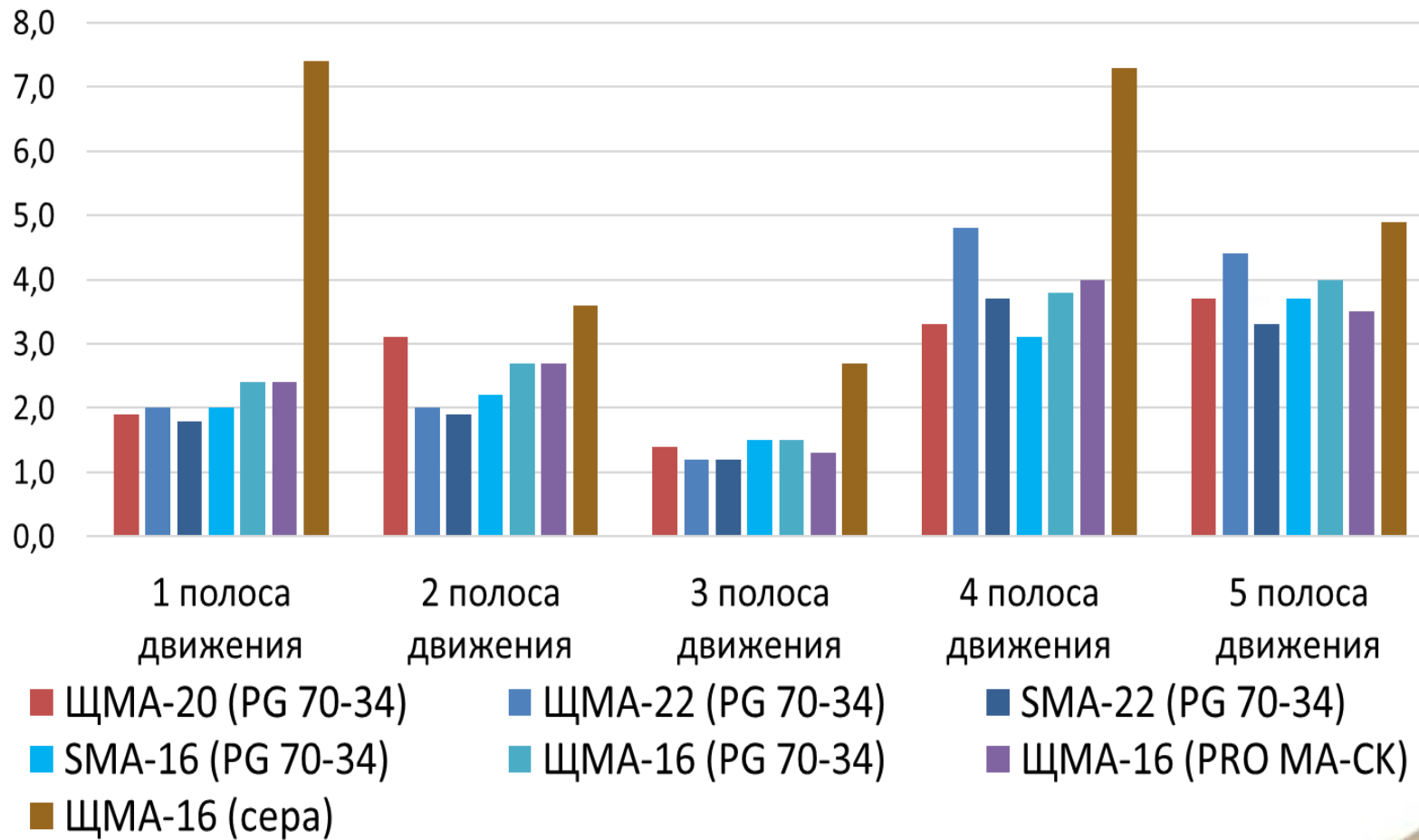




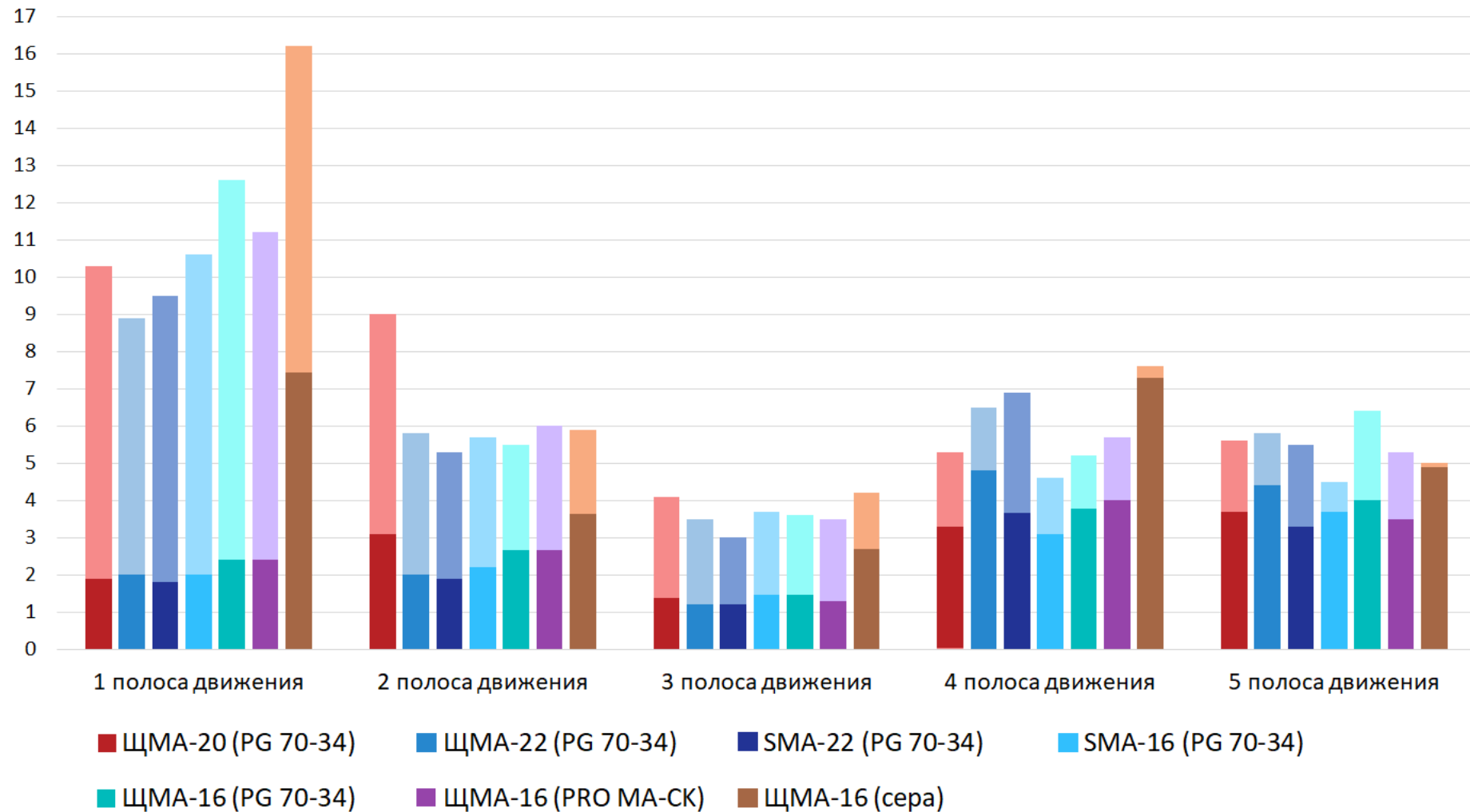
## Результаты испытаний показателя истираемости щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей

Тип, марка асфальтобетона	Показатель дробимость, %	Показатель микро-Деваль, %	Истираемость образцов изготовленных из щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей, см <sup>3</sup>							Истираемость кернов отобранных из готового покрытия, см <sup>3</sup>	
										1 день укладки	2 день укладки
ЩМА-20	3,9	5,7	22,2	23,9	22,7	-	-	-	-	18,0	17,3
ЩМА-16	4,5	6,5	22,8	23,0	20,2	24,6	21,2	21,5	21,4	18,2	18,3
SMA-16			18,1	17,9	17,1	17,5	18,2	17,2	18,2	18,3	15,8
ЩМА-16 (Сера)			22,2	23,7	22,8	-	-	-	-	20,3	23,5
ЩМА-16 (PRO МА-СК)			23,6	22,4	21,1	-	-	-	-	24,8	20,4
ЩМА-22			19,9	18,5	19,1	19,5	18,3	20,4	18,9	17,6	16,5
SMA-22			17,0	16,8	17,3	17,9	18,1	16,9	17,9	17,2	15,8

# Глубина колеи осень 2021



## Изменение колёсности (осень 2021 г. - весна 2022 г.)



# Интенсивность на МКАД

ОДМ 218.6.029-2017

Таблица 5 – Ежегодный прогнозный прирост глубины колеи для асфальтобетонных покрытий

Прогнозируемая интенсивность движения транспортных средств по одной полосе, авт./сут	Ежегодный прирост глубины колеи $\Delta K$ , мм
<1000	1,00
1000–2500	1,25
2500–5000	2,00
5000–10000	2,50
10000–20000	3,00
>20000	6,00

Почти **1,4 миллиона** автомобилей проезжает **ежедневно** по МКАД (данные ЦОДД)





# Мониторинг участков

Мониторинг  
экспериментальных участков  
планируется продолжать в  
течении 3-х лет до 2024 года



Спасибо за внимание!

