

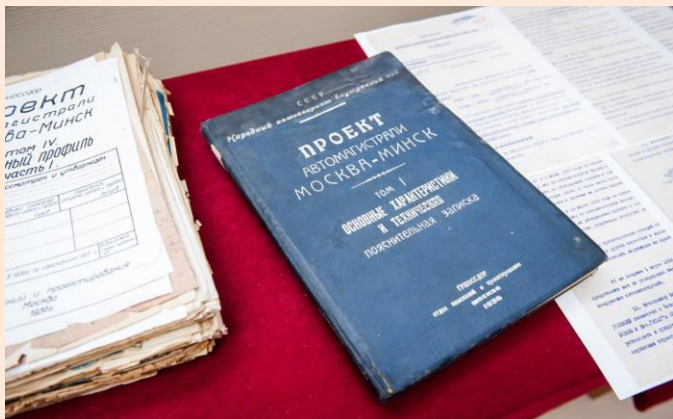


Качество строительства, межремонтные сроки, применение минеральных вяжущих и шлаков черной металлургии на объектах Государственной компании

Сергей Владимирович Ильин, 2023

Юбилей дороги - М-1 «Беларусь» 85 лет

- Одна из крупнейших строек своего времени



- К середине 50-х вся автомагистраль и подъезды были в асфальтобетоне



- Работы начались в 1936 году
- Спустя всего 5 лет, к 1941 году, от Москвы до Минска было возведено 70 мостов



- XXI век: 456 КМ длина пути от МКАД до границы с Республикой Беларусь, IБ, IВ категория дороги, 4-8 полос, до 110 км/час разрешенная скорость на платных участках



**Мост через р. Днепр на км 281+200
(правый) автодороги М-1 "Беларусь"**



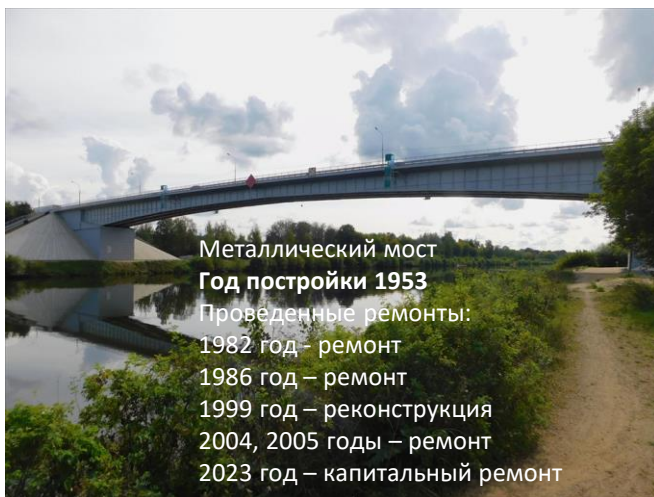
Год постройки 1949
Металлический мост
Проведенные ремонты:
2004 год- ремонт
2014 год – ремонт

Мост через р. Пахра на км 231+300 автодороги А-107



Железобетонный мост
Год постройки 1952
Проведенные ремонты:
1967 год – реконструкция
2001 год – ремонт
16.01.2018

**Мост через канал им. Москвы на км
25+533 автодороги А-107**



Металлический мост
Год постройки 1953
Проведенные ремонты:
1982 год - ремонт
1986 год – ремонт
1999 год – реконструкция
2004, 2005 годы – ремонт
2023 год – капитальный ремонт

Мост через р. Пахра на км 35+200 автодороги А-105



Железобетонный мост
Год постройки 1963
Проведенные ремонты:
2005 год – планово-
предупредительные работы
2016-2017 годы – ремонт
15.10.2017

Справочно:

Ремонт автомобильной дороги

М-4 «Дон» км 71+350-км 121+000

Реконструкция участка завершена в 2000-2001 годы

Расчетный срок 25 лет, покрытие ЩМА-15 – Срок службы покрытия - 11 ЛЕТ!!!

Один из первых (всего 3) участков ЩМА в России на основании которых был разработан ГОСТ Р 31015-2002. За 23 года на данном участке – только 2 замены слоя износа из ЩМА (2011-2012, 2017-2018)

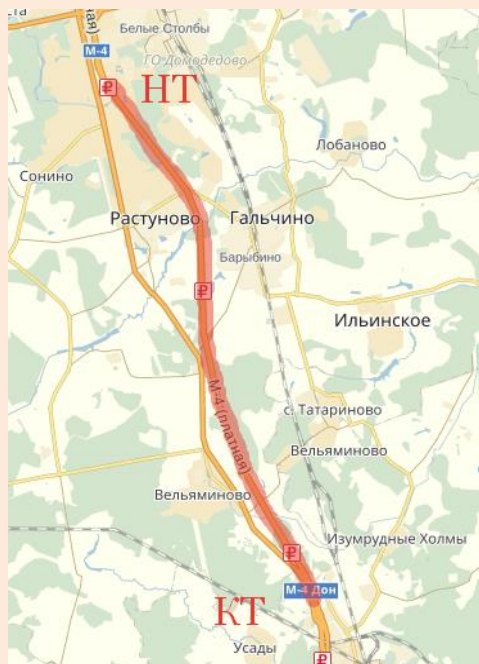
Наименование автомобильной дороги	Характеристики			Значения IRI			Минимальный коэффициент сцепления
	Протяженность	Категория а/д (ДКЗ)	Дата ввода	Приемка	на 2023 год		
				IRI среднее	IRI среднее	Норматив	
<u>М-12 "Москва-Казань"</u>	22,523 км	IA (II)	2022 г.	0,7	0,8	2,2	0,42
0 Этап							
69+076 - км 91+599							
1-2 Этапы	84,700 км	IB (II)	2022 г.	0,8	0,9	2,2	0,43
км 124+434 - км 208+634							
3 Этап	109,400 км	IB (II)	2023 г.	0,6			0,41
км 208+700 - км 318+100							
4 Этап	124,000 км	IB (II)	2023 г.	0,7			0,43
км 318+100 - км 442+000							
<u>М-11 "Нева"</u>	103,400 км	IA (II)	2019 г.	-	1,0	1,9	0,45
7 Этап							
км 543 - км 646+000							
8 Этап	34,200 км	IA (II)	2019 г.	-	1,0	1,9	0,43
км 646+000 - км 684+200							
<u>М-4 "Дон"</u>	85,170 км	IB (IV)	2020 г.	0,7	0,9	1,9	0,40
км 633 - км 715							
км 1202+000 - км 1240+446	38,446 км	IB (IV)	2012 г.	1,1	1,1	2,2	0,42
<u>ДЗОК</u>	51,210 км	IB (IV)	2023 г.	0,9		2,2	0,46
<u>Обход Аксая</u>	35,497 км	IA (IV)	2023 г.	0,8		2,2	0,45
км 1036+823 – км 1072+321							

Межремонтные сроки М-1, М-3, М-4, М-11 по слоям износа (ЦМА)

Нормативный межремонтный срок, годы	Фактический межремонтный срок, годы	ДКЗ	Протяженность, км	
2	5	II	3,0	3
	4	IV	12,0	12
3	5	II	3,0	3
	4	IV	37,0	37
4	4	II	147,2	66,1
		III		17,0
		IV		64,1
4	5	II	140,9	19,8
		III		38,0
		IV		83,1
4	6	II	216,9	53,6
		III		100,7
		IV		62,6
4	7	II	170,8	122,5
		III		37,5
		IV		10,7
4	8	II	189,2	100,8
		III		35,9
		IV		52,5
4	9	II	44,4	34,7
4	10	III		2,7
4	14	IV		6,9
5	7	IV	1,0	1,0
5	8	IV	1,0	1,0
	Итого		966,2	966,2



- На основании анализа 1000 км автомобильных дорог
- Средний показатель фактического межремонтного срока составляет 6 лет при нормативном 4 года
 - По II ДКЗ наиболее высокие межремонтные сроки за счет умеренно-континентального климата
 - Межремонтные сроки по капитальному ремонту при проектном 12-18 лет достигают 20-23 года и более
 - Ключевые решения, влияющие на долговечность: устройство укрепленных слоев оснований, применение шлаков, повышенные требования к асфальтобетонам по устойчивости к образованию пластических деформаций во всех конструктивных слоях, повышенные требования по устойчивости битумных вяжущих к старению

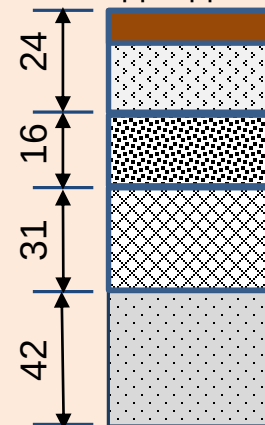


Конструкция существующей дорожной одежды *

ЩПС, укрепленная 10 % цемента (М75, F25)

Щебень

Песок



* Размеры даны в сантиметрах

7 лет												4-5 лет					4-5 лет					4-5 лет					4-5 лет					С 2011 год за 12 лет: Устройство слоя износа: - 2017-2018 гг.; - 2022 год; Правая полоса из цементобетона в эксплуатации 12 лет без дефектов, Дальнейшая перспектива – только замена слоя износа
2011 - Устройство цементобетонного покрытия																																
2018 - Устройство слоя износа Правая полоса сохранена в цементобетоне																																
												2022 - Устройство слоя износа Правая полоса сохранена в цементобетоне																				
																	Устройство слоя износа					Устройство слоя износа					Устройство слоя износа					

Текущее состояние покрытия на участке М-4 км 52 – км 72

Глубина колеи, мм

													Норматив ГОСТ Р 50597
	прямое направление						обратное направление						
	1 полоса		2 полоса		3 полоса		4 полоса		5 полоса		6 полоса		
	л	п	л	п	л	п	л	п	л	п	л	п	
Среднее	14	12	15	13	16	14	14	13	14	13	13	12	20
Коэф. вариации	0,17	0,18	0,26	0,40	0,46	0,47	0,44	0,46	0,35	0,47	0,20	0,24	20

Ровность покрытия, м/км

							Норматив ГОСТ 33388
	прямое направление			обратное направление			
	1 полоса	2 полоса	3 полоса	4 полоса	5 полоса	6 полоса	
Среднее	2,5	0,9	0,8	0,8	1,0	2,7	2,6
Коэффициент вариации	0,18	0,28	0,29	0,25	0,37	0,25	2,6

Выводы:

- ☐ 1 и 6 полоса в бетоне;
- ☐ имеется эффективная технология ремонта цементобетонного покрытия, путем устройства слоя износа из асфальтобетона;
- ☐ цементобетонная дорога обеспечивает несущую способность под высокие нагрузки;
- ☐ необходимо предъявлять жесткие требования к асфальтобетонам по условиям устойчивости к пластическим деформациям, обеспечения адгезии и устройство полимерной мембраны.



Объект	Этап	Стабилизация/укрепление грунта
М-12	4	1,5-2% извести 250 000 м ³ куб грунта
		KMB DOROMIX SPECIAL III CL-Q 60
	6	ПГСЖ-1 - 0,8 л/м³ грунта + 2% ПГСП-3 8 097 м³ грунта, пойма реки Пьяна
Дюртили-Ачит	1	1,5% извести 4 696 457 м ³ куб грунта
	2	3 % известь - 258 000 м ³ куб грунта 0,4 % Nicoflok+ 5% цемент- 447 000 м ³ куб грунта
	3	3% известь +цемент 59 000 м ³ куб грунта

(КМВ) СУГЛИНОК ЛЕГКИЙ
ПЕСЧАНИСТЫЙ,
МЯГКОПЛАСТИЧНЫЙ
Естественная влажность, % **32**
Число пластичности, % **9,8**
Оптимальная влажность, % **12,4**

Результаты после применения КМВ

Фактическая плотность, г/см³ 2,11
Коэф. уплотнения 0,98
Значение Ev2, МПа среднее 110
Ev2/Ev1 ≤ 2,5
Время выдержки грунта, обработанного КМВ до уплотнения, мин 60-90

(ПГСЖ + ПГСП) СУГЛИНОК
ТЯЖЕЛЫЙ ПЫЛЕВАТЫЙ
ТУГОПЛАСТИЧНЫЙ
Естественная влажность, % **30,1**
Число пластичности, 15,2
Оптимальная влажность, % **22,8**

Результаты после применения ПГСЖ+ПГСП

Коэф. уплотнения 0,99
Значение Ev2, МПа среднее 102,1
Время выдержки грунта до уплотнения –без выдержки
Запуск движения – сразу после уплотнения

	Конструктив дорожной одежды	Модуль упругости на поверхности : проект/факт / коэффициент вариации	Альтернативная конструкция на природных каменных материалах/расчетный модуль	Преимущества
ЦКАД 3	ЩМА-15 h=0,04 м; Тип "А" I марки h=0,08 м; Тип "Б" I марки h=0,12 м; Оптимальная шлаковая смесь СШ4-О-А (0-40 мм) из активного шлака, h=0,12 м; Оптимальная шлаковая смесь СШ6-О-А (40-80(70) мм) из активного шлака, h=0,24 м	620МПа/809,6МПа/9,8% и 620МПа/805,2МПа/9,7%	ЩМА-15 h=0,04 м; Тип "А" I марки h=0,08 м; Тип "Б" I марки h=0,12 м; Щебень клинкерный h=0,20 м; ЩПС С4-80 мм h=0,20 м Проектный модуль- 585 Мпа	Толщина слоев основания на шлаках меньше на 10 % по сравнению с природными каменными материалами
ЦКАД 4	ЩМА-15 h=0,04 м; Тип А марки I h=0,08 м; Тип Б марки II h=0,13 м; Оптимальная шлаковая смесь из активных материалов h=0,12 м; Рядовая неоптимальная шлаковая смесь из активных- h=0,23 м	751/среднее значение 860-920 на разных участках/6,7-8,17%	ЩМА-15 h=0,04 м; Тип А марки I h=0,08 м; Тип Б марки II h=0,13 м; ЩПС С4, ГОСТ 25607-2009 h=0,17 м; ЩПС С4, ГОСТ 25607-2009 h=0,18 м Проектный модуль- 650 Мпа	Толщина слоев основания одинаковая
ЦКАД 5	ЩМА – 15 с добавлением модификаторов – 0,05 м; Тип А марка 1 с добавлением модификаторов – 0,07 м; ВСО из горячей пористой крупнозернистой смеси марки 1 с добавлением модификаторов – 0,07 м; НСО ЩПС С-5 – 0,20 м; ДСО ЩПС С-5 – 0,20 м;	413МПа/612МПа/16,2% 413/499/17,2%		
М-12	1 ЭТАП (основание из шлака на отдельных участках)	650МПа/851МПа/13%		Гарантированное обеспечение модуля упругости, повышенная однородность модуля упругости, дешевле и технологичнее природных материалов.
	4 ЭТАП (слой основания из шлака) <u>Отработано применение шлаков черной металлургии в асфальтобетонах, также подтверждена их эффективность</u>	668МПа/1033МПа/22% - (большой коэффициент вариации – поскольку не выделены участки стабилизации и укрепления грунта в выемках)		
	6 ЭТАП (слой основания из шлака)	672 (не введен в эксплуатацию)		

СП 34 и ПНСТ 542 не учитывают эффективность применения шлаков черной металлургии, ограничивая марочность шлаковых щебней и расчетные показатели при конструировании дорожных одежд

Результаты НИОКР: Эффективность шлаковых ЩПС черной металлургии с укреплением вяжущими: МАДИ, СиБАДи, Донской ГТУ



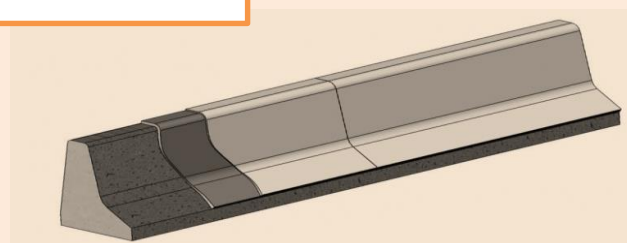
	ЩПС на конверторном шлаке	ЩПС на доменном шлаке	ЩПС на природном каменном материале
Укрепленные цементом			
Водостойкость	ЩПС из шлаковых материалов обладают лучшей водостойкостью (категория В0,8), чем смеси из природных минеральных материалов (категория В0,6), морозостойкость F25		
Расход цемента	2,5% для М60	3,5% для М60	3,5-4% для М60
Прочность на растяжение при изгибе	на 15-20 % выше чем на иных смесях	равноценно природным каменным материалам	-
Остаточные деформации	ЩПС из шлаковых материалов, устойчивее к накоплению остаточных деформаций на 20% по сравнению с природными материалами, укрепленными цементом		-
Органо-минеральные смеси (битумная эмульсия и цемент)			
Предел прочности на сжатие	при температуре 50°С на 35-40% выше, чем у ОМС из природной плотной горной породы	увеличение процентного содержания портландцемента способствует возрастанию прочностных показателей на 25%, относительно требований ГОСТ	
Водостойкость	соответствует требованиям НТД		
Водостойкость при длительном водонасыщении	на 10-15% выше, чем у остальных смесей		
Остаточные деформаций	на 30-35% меньше, чем в смесях из природных плотных горных пород		
Органическим вяжущим (битумная эмульсия) и минеральной активной добавкой (молотый гранулированный доменный шлак)			
Прочность при сжатии	при температуре 20 и 50°С на 35-80% выше, чем в смесях из природных плотных горных пород	при температуре 20 и 50°С на 55-80% выше, чем в смесях из природных плотных горных пород и на 20-30%, чем смеси из конверторных шлаков	при температуре 20°С на 30-80% выше требований НТД
Водостойкость при длительном водонасыщении	на 15-30% выше требований нормативно-технической документации	на 35-55% выше требований нормативно-технической документации	соответствуют требованиям ГОСТ

ВЫВОД: Применение шлаковых ЩПС с использованием доменных и конверторных шлаков обеспечивает повышенные качественные показатели слоев основания, снижение потребления вяжущих материалов, экономию за счет стоимости материалов

Техническая проблема: шелушение бетона (парапетных ограждений, крышек между парапетными ограждениями), микротрещины.

- Ремонтные смеси на цементной основе
- Ремонтные смеси на эпоксидной основе
- Грунтовка и краска на эпоксидной основе
- Гидрофобизатор
- Полимерная накладка, полимерные плиты перекрытия

- Необходима разработка дополнительных методов испытаний бетона (в части учета режимов термообработки, воздействию агрессивной среды и др.)



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!

