



КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Модификация цементогрунтов при устройстве оснований дорожных одежд

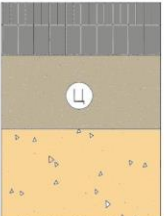
Проректор по научно-исследовательской деятельности
Заведующий кафедрой автомобильных дорог, мостов и тоннелей
Вдовин Евгений Анатольевич



III Международная научно-практическая конференция «Строительство качественных и безопасных дорог с применением цементобетона и минеральных вяжущих»

Проектирование дорожных одежд и оценка экономической эффективности применения цементоминеральных дорожно-строительных материалов

Алексеевский район

Вид грунта	Карьеры	Дорожная одежда			Оптимальный состав укрепленного грунта***					Стоимость, млн. руб. IV / V категория
		Конструкция	Толщины слоев		Вариант	Цемент	Грунт	Добавка	Расход добавки	
			IV категории *	V категории **						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Суглинок легкий пылсватый	Отсутствуют	① ② ③ ④  Грунт земляного полотна 1 – Асфальтобетон плотный II марки типа Б, марка битума БНД-60/90 2 – Асфальтобетон к/з пористый II марки, марка битума БНД-60/90 3 – Укрепленный грунт марки по прочности M60, морозостойкости F15 4 – Песчано-гравийная смесь	$h_{ас} = 5 \text{ см}$$h_{ас} = 6 \text{ см}$$h_{уг} = 24 \text{ см}$$h_{пгс} = 30 \text{ см}$	$h_{ас} = 4 \text{ см}$$h_{ас} = 6 \text{ см}$$h_{уг} = 14 \text{ см}$$h_{пгс} = 30 \text{ см}$	B1	10	60	АГ	40	10,76/7,74
					B2	10	60	ПГС	40	10,80/7,76
					B3	10	100	СН	0,9	11,17/7,89
					B4	-	-	-	-	-
					B5	-	-	-	-	-
					B6	-	-	-	-	-
					B7	-	-	-	-	-
					B8	-	-	-	-	-
					B9	-	-	-	-	-

* коэффициент надежности – 0,70; интенсивность для V категории – не более 100 авт/сут

** коэффициент надежности – 0,80; интенсивность для IV категории – не более 400 авт/сут

*** расход цемента и химической добавки от массы грунта, в %; расход инертных добавок, в % от общей массы

ПЦ – щебень карбонатный;

АГ – асфальтогранулят;

АПМ – алкилсиликат щелочного металла;

ПКС – поликарбонизат;

КХТ – кальций хлористый технический;

СП – силикат натрия;

ЛСТ – литиосульфат технический

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ГБУ «ГЛАВТАДОРТРАНС»
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

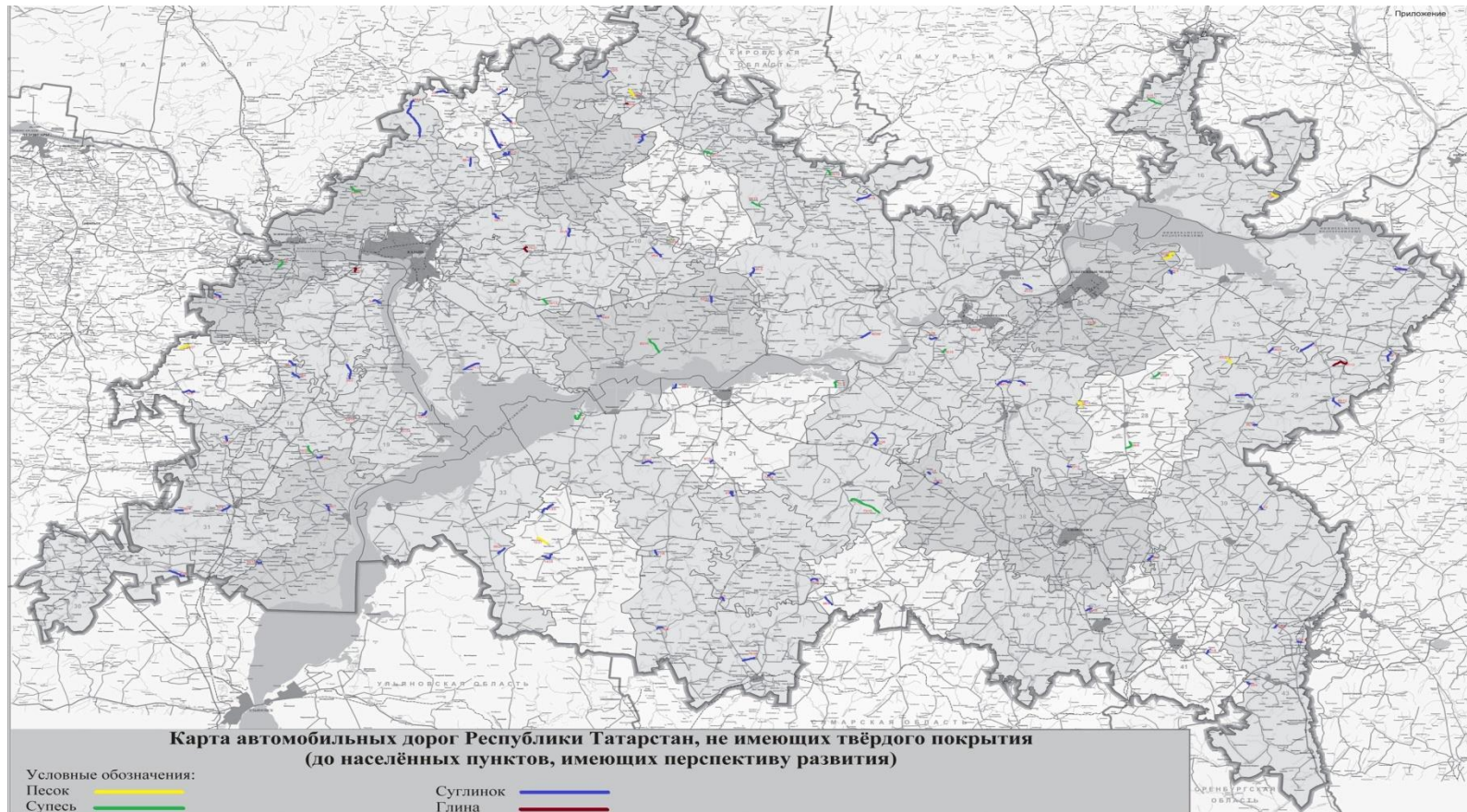
АЛЬБОМ

ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ IV И V ТЕХНИЧЕСКОЙ КАТЕГОРИИ
С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕСТНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН



КАЗАНЬ

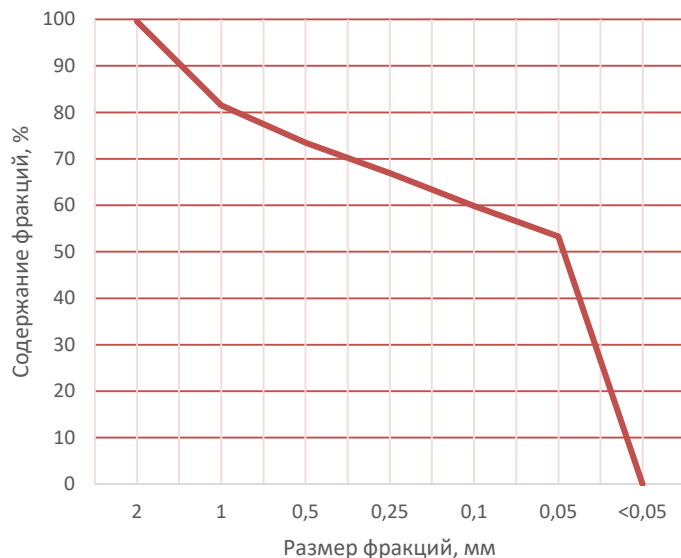
Анализ автомобильных дорог, не имеющих твердого покрытия в регионе



Отбор проб грунта, определение свойств

Карьер грунта, с. Лебяжье, Алексеевский район РТ – Супесь пылеватая твердая

Фракции, мм	5	2	1	0,5	0,25	0,10	0,05	<0,05
Частные ост., %	-	0,43	18,03	8,52	6,54	7,05	6,59	53,27
Полные ост., %	-	0,43	18,46	26,55	33,09	40,14	46,73	100

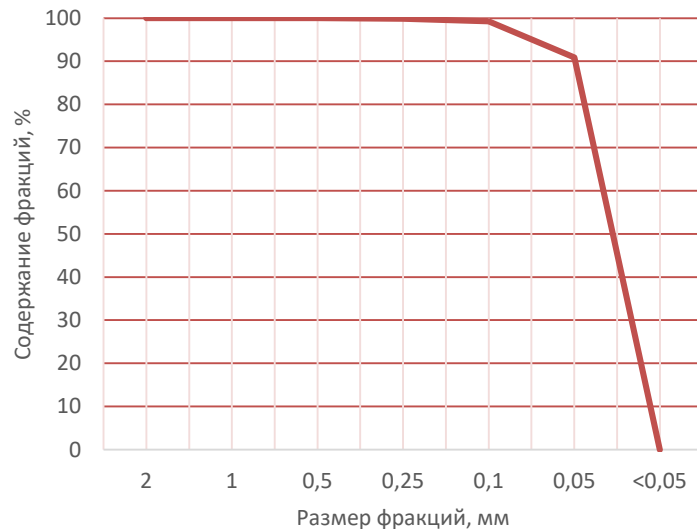


№ п/п	Наименование показателей	Значения показателей
1	Естественная влажность грунта, % по массе	8,44
2	Содержание частиц крупнее 2 мм, в общей массе грунта, % по массе	0,43
3	Содержание частиц крупнее 10 мм, в общей массе грунта, % по массе	0,0
4	Содержание песчаных частиц (2-0,05), % по массе	46,73
5	Влажность границы текучести, W_L , % по массе	24,78
6	Влажность границы раскатывания, W_P , % по массе	19,12
7	Число пластичности, I_p , д.е.	0,0566
8	Показатель текучести, I_L , д.е.	-1,89
9	Оптимальная влажность, % по массе	15,47
10	Максимальная плотность, P_{max} г/см ³	1,82

Отбор проб грунта, определение свойств

Карьер грунта, с. Сахаровка, Алексеевский район РТ – Суглинок легкий пылеватый твердый

Фракции, мм	5	2	1	0,5	0,25	0,10	0,05	<0,05
Частные ост., %	-	-	-	0,01	0,10	0,65	8,49	90,86
Полные ост., %	-	-	-	0,01	0,11	0,76	9,14	100

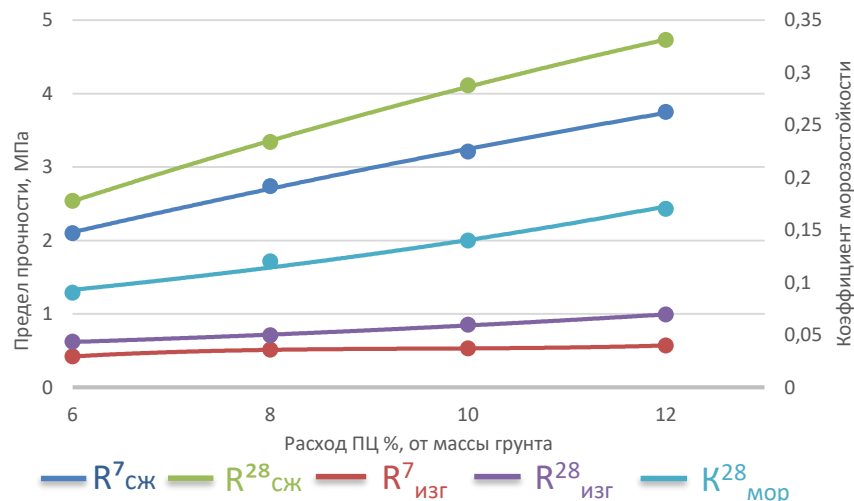


№ п/п	Наименование показателей	Значения показателей
1	Естественная влажность грунта, % по массе	12,36
2	Содержание частиц крупнее 2 мм, в общей массе грунта, % по массе	0,0
3	Содержание частиц крупнее 10 мм, в общей массе грунта, % по массе	0,0
4	Содержание песчаных частиц (2-0,05), % по массе	9,14
5	Влажность границы текучести, W_L , % по массе	30,04
6	Влажность границы раскатывания, W_P , % по массе	18,42
7	Число пластичности, I_p , д.е.	0,1162
8	Показатель текучести, I_L , д.е.	-0,52
9	Оптимальная влажность, % по массе	17,47
10	Максимальная плотность, P_{max} г/см ³	1,80

Влияние содержания портландцементом на свойства укрепленных грунтов

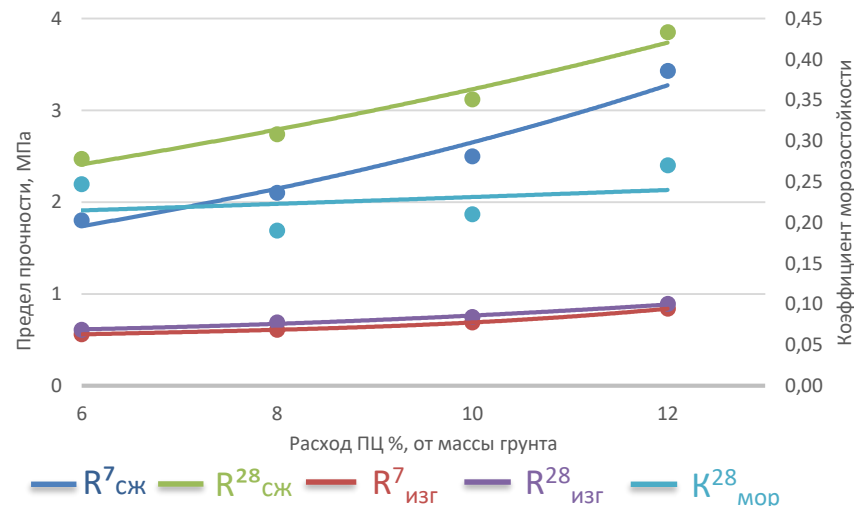
Физико-технические свойства цементогрунтов на основе грунта с. Лебяжье

Расход ПЦ, %	Физико-технические свойства образцов цементогрунтов				
	Образцы в возрасте 7 суток		Образцы в возрасте 28 суток		
	R ⁷ _{сж} , МПа	R ⁷ _{изг} , МПа	R ²⁸ _{сж} , МПа	R ²⁸ _{изг} , МПа	K ²⁸ _{мор}
6	2,21	0,40	2,66	0,64	0,08
8	2,61	0,53	3,51	0,75	0,14
10	3,38	0,56	4,34	0,88	0,16
12	3,82	0,61	4,92	0,95	0,19

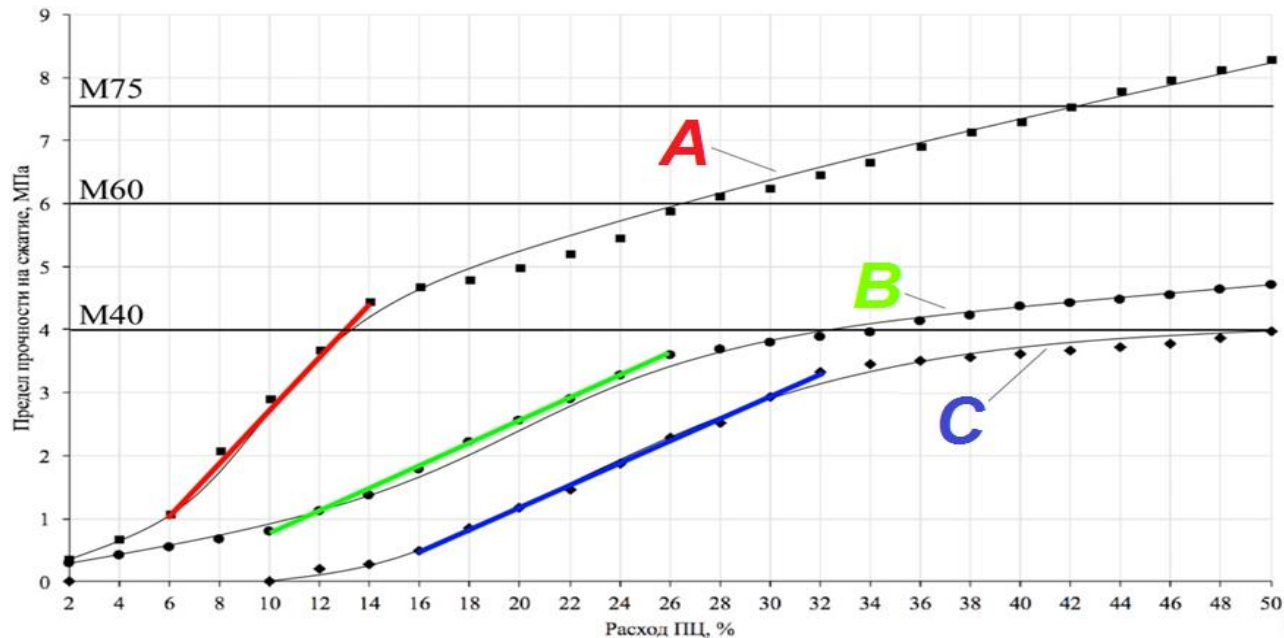


Физико-технические свойства цементогрунтов на основе грунта с. Сахаровка

Расход ПЦ, %	Физико-технические свойства образцов цементогрунтов				
	Образцы в возрасте 7 суток		Образцы в возрасте 28 суток		
	R ⁷ _{сж} , МПа	R ⁷ _{изг} , МПа	R ²⁸ _{сж} , МПа	R ²⁸ _{изг} , МПа	K ²⁸ _{мор}
6	1,65	0,52	2,35	0,58	0,20
8	2,12	0,54	2,69	0,66	0,25
10	2,43	0,61	3,19	0,73	0,26
12	3,20	0,77	3,69	0,86	0,31



Применение портландцемента при укреплении грунтов



Зависимость предела прочности на сжатие глинистых грунтов: А-полиминеральная глина, В-каолинистая глина, С- монтмориллонитовая глина

Кремнийорганические гидрофобизаторы:

- на основе силиконатов щелочных металлов, ЗАО «САЗИ» (Россия)
- на основе олигомерных концентратов силиконатов щелочных металлов, АО «Технониколь» (Россия)
- на основе этоксисиланов, АО «Технониколь» (Россия)
- на основе этоксисиланов, Hubei Co-Formula Material Tech Co., Ltd. (Китай)

Пластифицирующие добавки:

- на основе полиметиленафталинсульфонатов, АО «Технониколь» (Россия)
- на основе азотосодержащих конденсационных полимеров, АО «Технониколь» (Россия)
- на основе композиции поликарбоксилатных эфиров, АО «Технониколь» (Россия)
- на основе композиции поликарбоксилатных эфиров, ООО НПО «Паколь» (Россия)

Электролиты:

- хлориды щелочных металлов
- гидроксиды щелочных металлов
- сульфаты щелочных металлов
- карбонаты щелочных металлов и др.

Гранулометрические добавки:

- пески
- щебни
- ПГС
- асфальтогранулят
- бетонный лом и др.

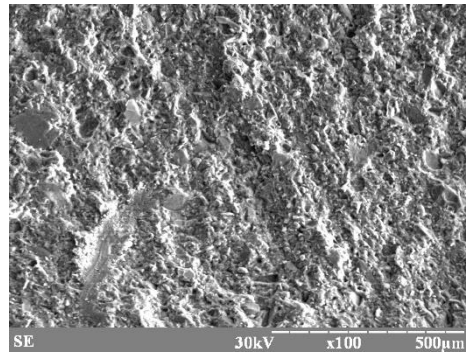
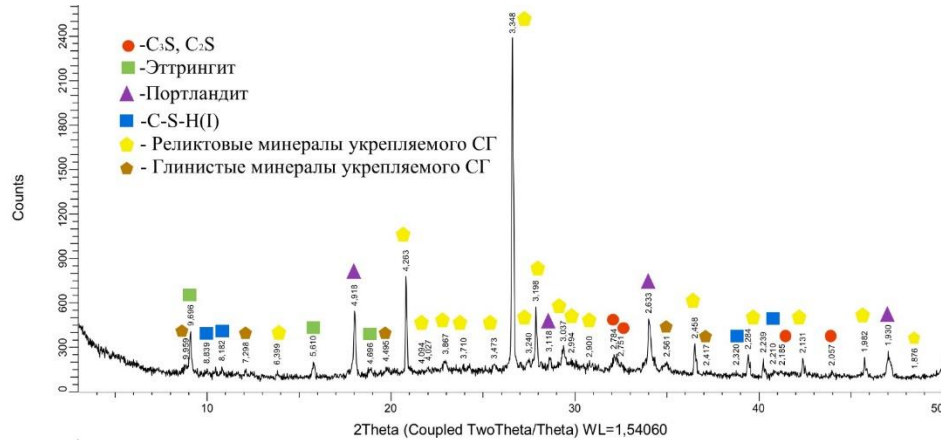
Наполнители:

- на основе активированных смесей доломита, извести, песка, ООО НПО «Паколь» (Россия)
- на основе цеолитсодержащих пород, ООО «ЦЕО ГРУПП» (Россия)

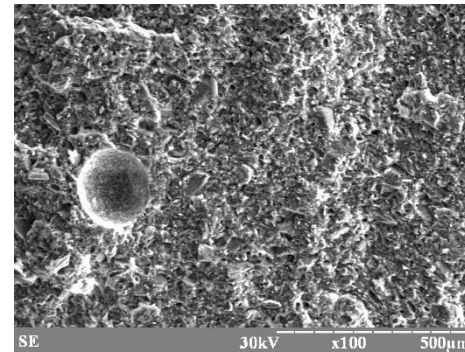
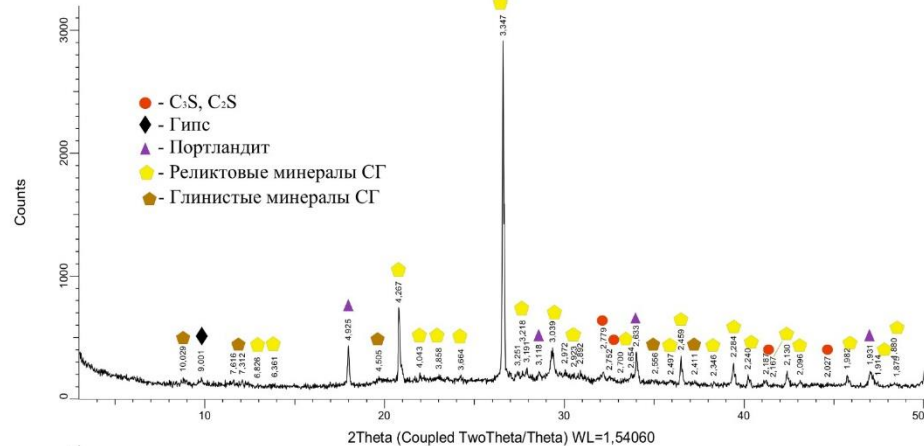
Отходы производства:

- стекловолокна, ООО «П-Д Татнефть-Алабуга Стекловолокно» (Россия)
- резиновой крошки, ЗАО «Кварт» (Россия)
- жидкого мыла, АО «Нэфис косметикс» (Россия)
- буровых шламов, ООО «СМУ-7» (Россия)

Модификация укрепленных грунтов

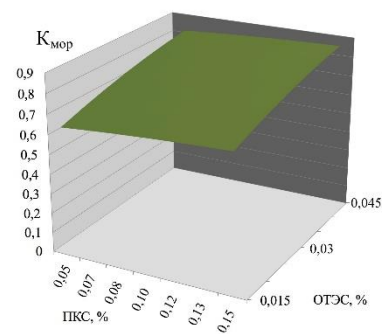
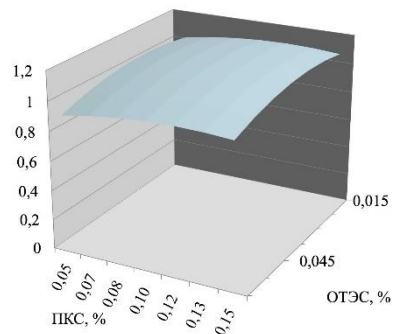
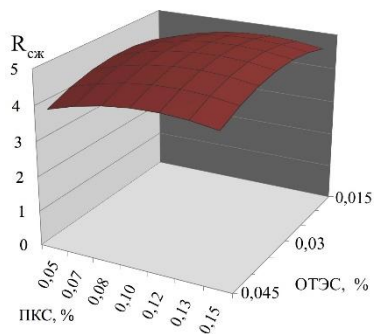
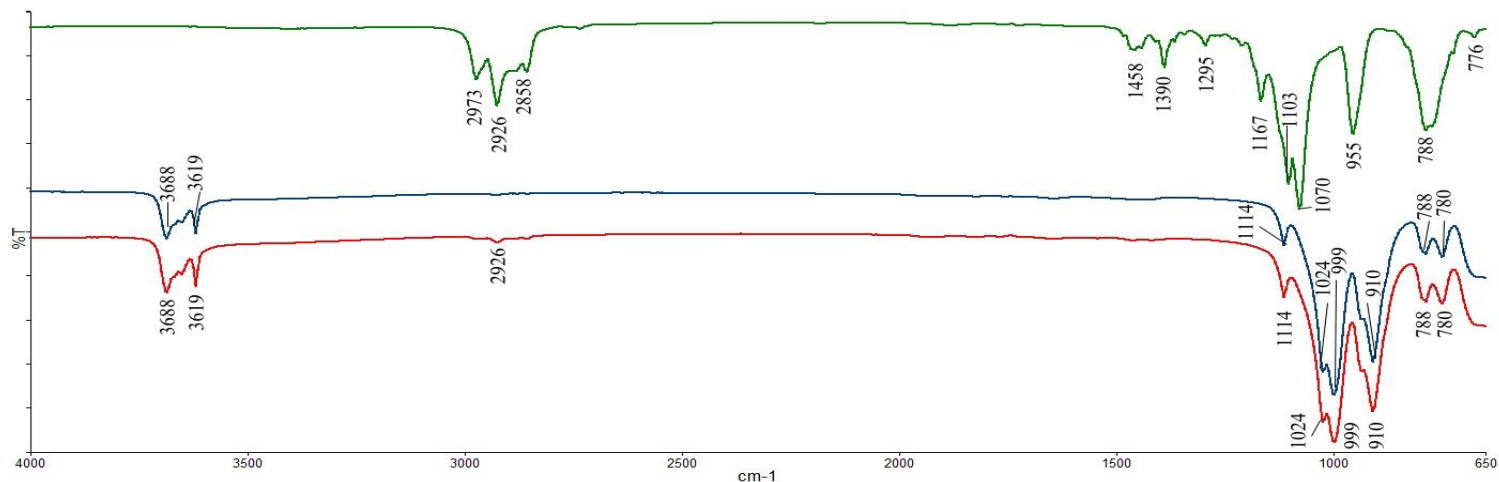


*** с применением модификатора.



*** без модификатора.

Модификация укрепленных грунтов

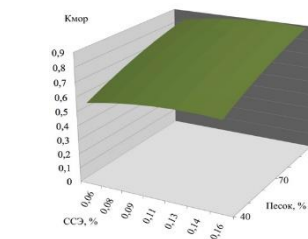
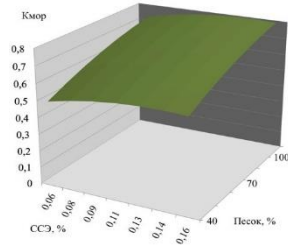
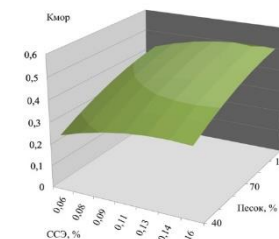
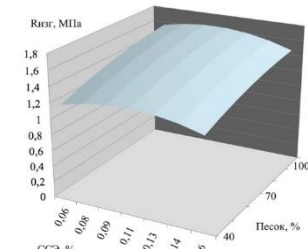
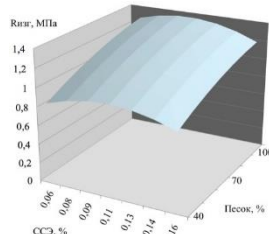
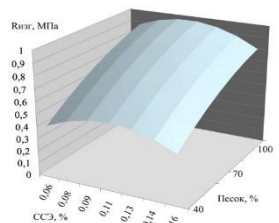
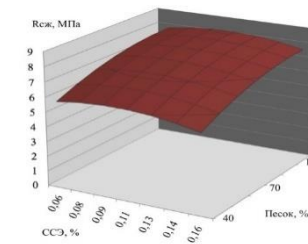
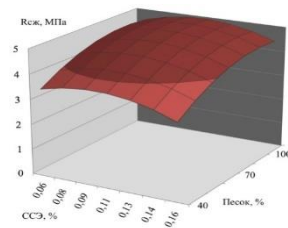
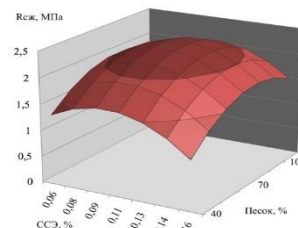


Комплексная модификация укрепленных грунтов и оптимизация их состава

Матрица планирования эксперимента и значения физико-технических свойств модифицированного цементогрунта на основе грунта состава № 20

Оптимизация составов модифицированных цементогрунтов на основе грунта состава № 20

№	Расход ПЦ, %		Дозировка ПЦ, %		Дозировка ОТЭС, %		Предел прочности на сжатие (экспер.), МПа Предел прочности на растяжение при изгибе (экспер.), МПа Коэффициент морозостойкости (экспер.)			Предел прочности на сжатие (расчет.), МПа Предел прочности на растяжение при изгибе (расчет.), МПа Коэффициент морозостойкости (расчет.)		
	X ₁	X ₁	X ₂	X ₂	X ₃	X ₃	R _{сж}	R _{изг}	K _{мор}	R _{сж}	R _{изг}	K _{мор}
1	-1	6	-1	0,06	-1	40	0,79	0,48	0,18	1,34	0,42	0,25
2	1	12	-1	0,06	-1	40	5,76	1,22	0,43	5,84	1,21	0,57
3	-1	6	1	0,16	-1	40	0,55	0,52	0,26	0,97	0,41	0,33
4	1	12	1	0,16	-1	40	5,23	1,2	0,51	5,44	1,17	0,63
5	-1	6	-1	0,06	1	100	1,47	1	0,45	1,68	0,88	0,42
6	1	12	-1	0,06	1	100	7,78	1,59	0,81	7,69	1,56	0,83
7	-1	6	1	0,16	1	100	1,16	0,93	0,55	1,48	0,80	0,50
8	1	12	1	0,16	1	100	7,67	1,54	0,87	7,45	1,46	0,89
9	-1,68	3,96	0	0,11	0	70	1,38	0,31	0,13	0,68	0,48	0,14
10	1,68	14,04	0	0,11	0	70	9,84	1,76	0,91	9,49	1,69	0,74
11	0	9	-1,68	0,026	0	70	4,24	0,88	0,67	3,78	0,90	0,56
12	0	9	1,68	0,194	0	70	3,69	0,71	0,75	3,27	0,81	0,67
13	0	9	0	0,11	-1,68	19,6	3,18	0,73	0,66	2,50	0,75	0,45
14	0	9	0	0,11	1,68	120,4	4,67	1,29	0,78	4,48	1,37	0,81
15	0	9	0	0,11	0	70	3,56	1,12	0,48	4,79	1,21	0,71
16	0	9	0	0,11	0	70	4,43	1,32	0,51	4,79	1,21	0,71
17	0	9	0	0,11	0	70	4,51	0,99	0,79	4,79	1,21	0,71
18	0	9	0	0,11	0	70	5,15	1,39	0,71	4,79	1,21	0,71
19	0	9	0	0,11	0	70	4,49	1,08	0,79	4,79	1,21	0,71
20	0	9	0	0,11	0	70	4,49	1,08	0,79	4,79	1,21	0,71



Опыт внедрения научных исследований в строительстве

- в **2013** году при строительстве 4 экспериментальных участков на автомобильной дороге в Нурлатском районе Республики Татарстан;
- в **2015** году при строительстве 3 экспериментальных участка на автомобильной дороге в Лаишевском районе Республики Татарстан;
- в **2018** году при строительстве 5 экспериментальных участков на автомобильной дороге в Новошешминском районе Республики Татарстан;
- в **2019** году осуществлено строительство 3 экспериментальных участков в Спасском районе Республики Татарстан;
- в **2020** году осуществлено строительство 3 экспериментальных участков в Спасском районе Республики Татарстан;
- в **2021** году осуществлено строительство 2 экспериментальных участков на автомобильной дороге в Сабинском районе Республики Татарстан;
- в **2022** году осуществлено строительство 2 экспериментальных участков при ремонте улично-дорожной сети в Алексеевском районе Республики Татарстан

Внедрение и мониторинг результатов

В 2023 году осуществлено строительство экспериментальных участков при ремонте улично-дорожной сети в пгт. Алексеевское Алексеевского муниципального района Республики Татарстан силами ОАО «Алексеевскдорстрой».

- 1 участок: слой основания дорожной одежды из цементогрунтовой смеси, модифицированной гидрофобизатором, поликарбоксилатным суперпластификатором и электролитом.
- 2 участок: слой основания дорожной одежды из цементогрунтовой смеси.



Внедрение и мониторинг результатов



Подвоз и распределение грунта



Прикатка основания



Розлив воды поливомоечной машиной



Распределение цемента
цементораспределителем



Перемешивание компонентов ресайклером



Введение водорастворимых добавок

Внедрение и мониторинг результатов



Смешение компонентов ресайклером



Уплотнение слоя основания



Розлив битумной эмульсии



Определение модуля упругости



Укладка верхнего слоя покрытия



Мониторинг



КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Модификация цементогрунтов при устройстве оснований дорожных одежд

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !

Проректор по научно-исследовательской деятельности
Заведующий кафедрой автомобильных дорог, мостов и тоннелей
Вдовин Евгений Анатольевич



III Международная научно-практическая конференция «Строительство качественных и безопасных дорог
с применением цементобетона и минеральных вяжущих»