



КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СРОКОВ СЛУЖБЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Проректор по научно-исследовательской работе,
заведующий кафедрой*

«Автомобильные дороги, мосты и тоннели»

Вдовин Евгений Анатольевич



АКТУАЛЬНОСТЬ



Указ Президента Российской Федерации В. В. Путина «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» необходимо обеспечить увеличение доли автомобильных дорог регионального значения, соответствующих нормативным требованиям, в их общей протяженности не менее чем до 50%.

Постановление Правительства Российской Федерации от 30 мая 2017 года № 658. Межремонтные сроки эксплуатации автомобильных дорог федерального значения с усовершенствованным типом покрытия увеличены до 12 лет, по капитальному ремонту – до 24 лет.



ЭТАПЫ

- «Механизация работ»

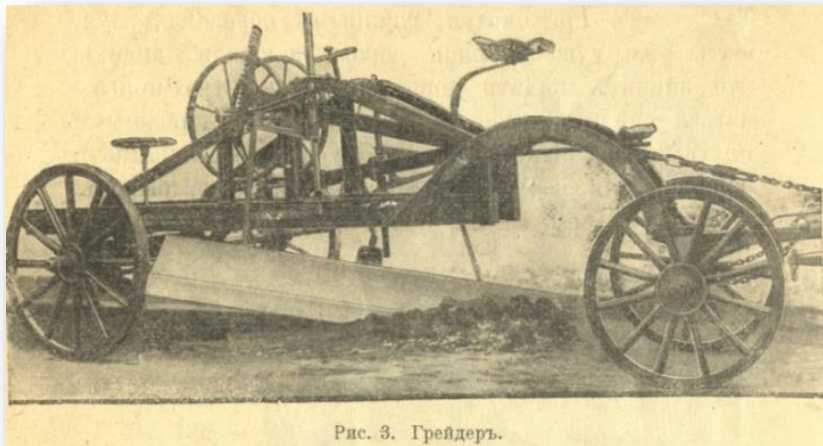


Рис. 3. Рейдеръ.



Рис. 11. Рейдеръ, съ рыхлителемъ впереди.

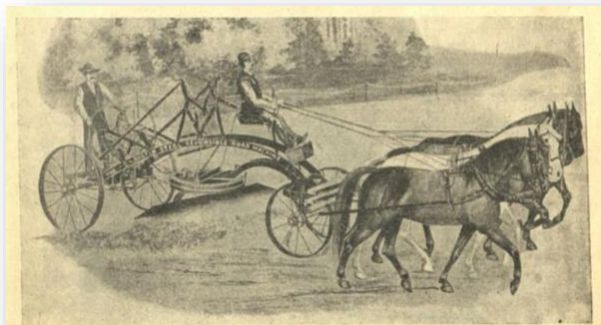


Рис. 5. Рейдеръ въ работъ.

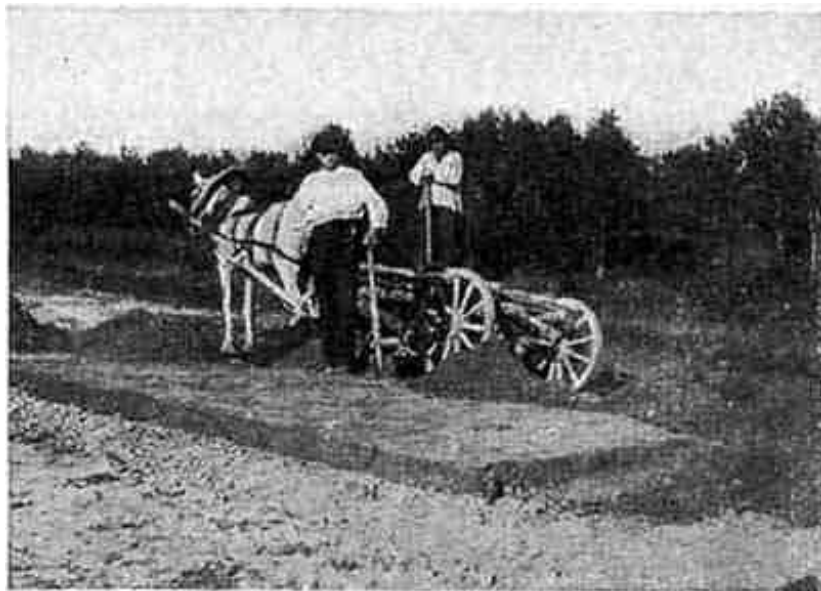


Рис. 6. Катокъ, съ ящиками для нагрузки.



ЭТАПЫ

- «Оптимальные смеси»



«Пескование» глинистой дороги



Фреза для смешения грунта и уплотнения дороги



ЭТАПЫ

- «Стабилизация грунтов»



Промасливание дороги



ЭТАПЫ

- «Укрепление грунтов»





ЭТАПЫ

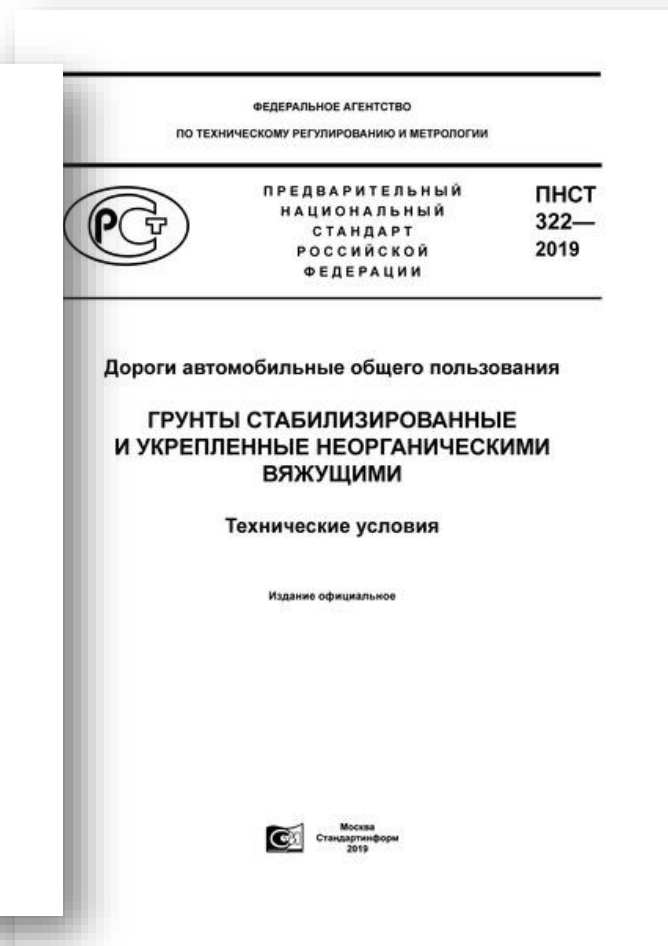
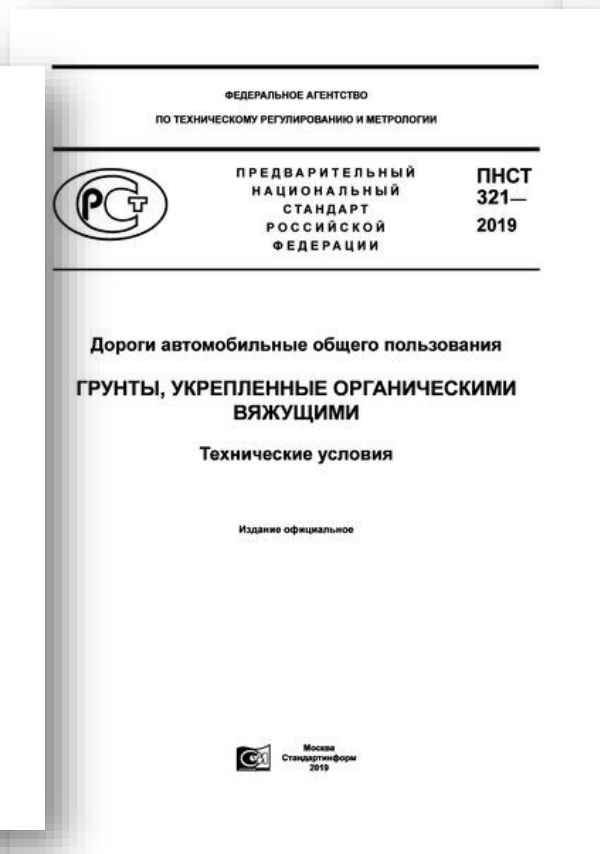
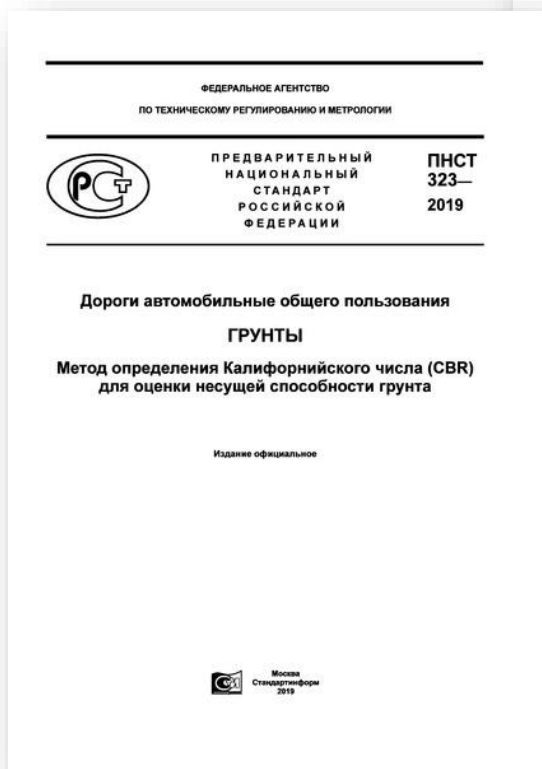
- «Комплексное укрепление и стабилизация грунтов»

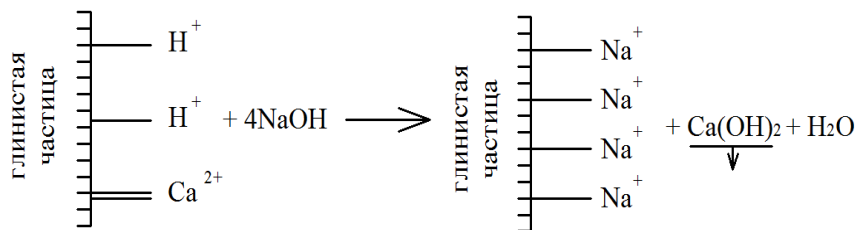




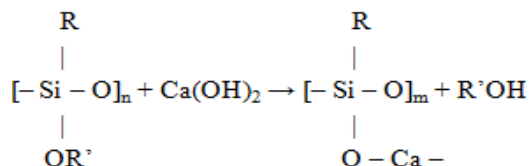
ЭТАПЫ

- «Новые требования»

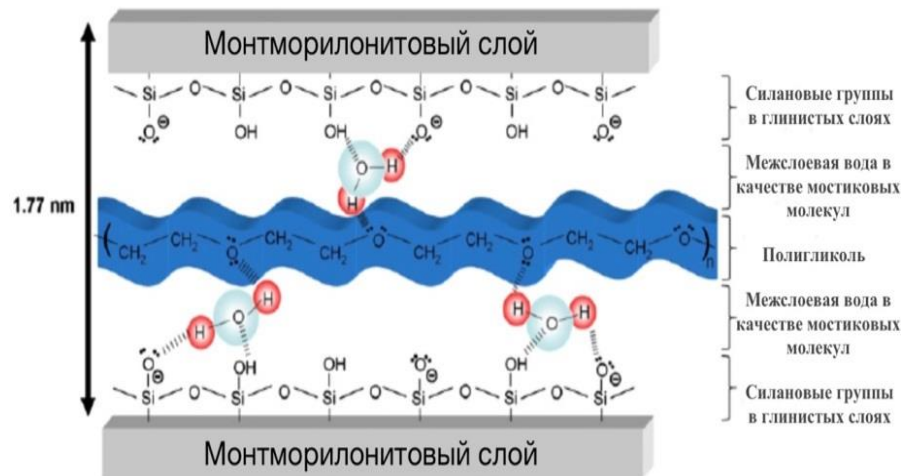




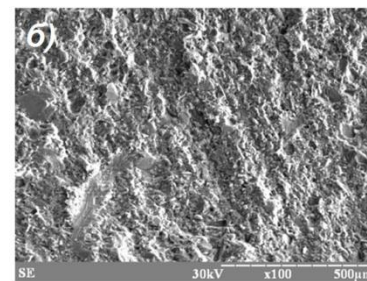
Реакции взаимодействия глинистых частиц с электролитами



Химические реакции в цементогрунте, модифицированном КОС полиорганоксисилоксан



Взаимодействие полиэтиленгликоля с алюмосиликатными слоями монтмориллонита



Микроструктура сколов образцов
а) цементогрунта без модификаторов,
б) цементогрунта с комплексным модификатором



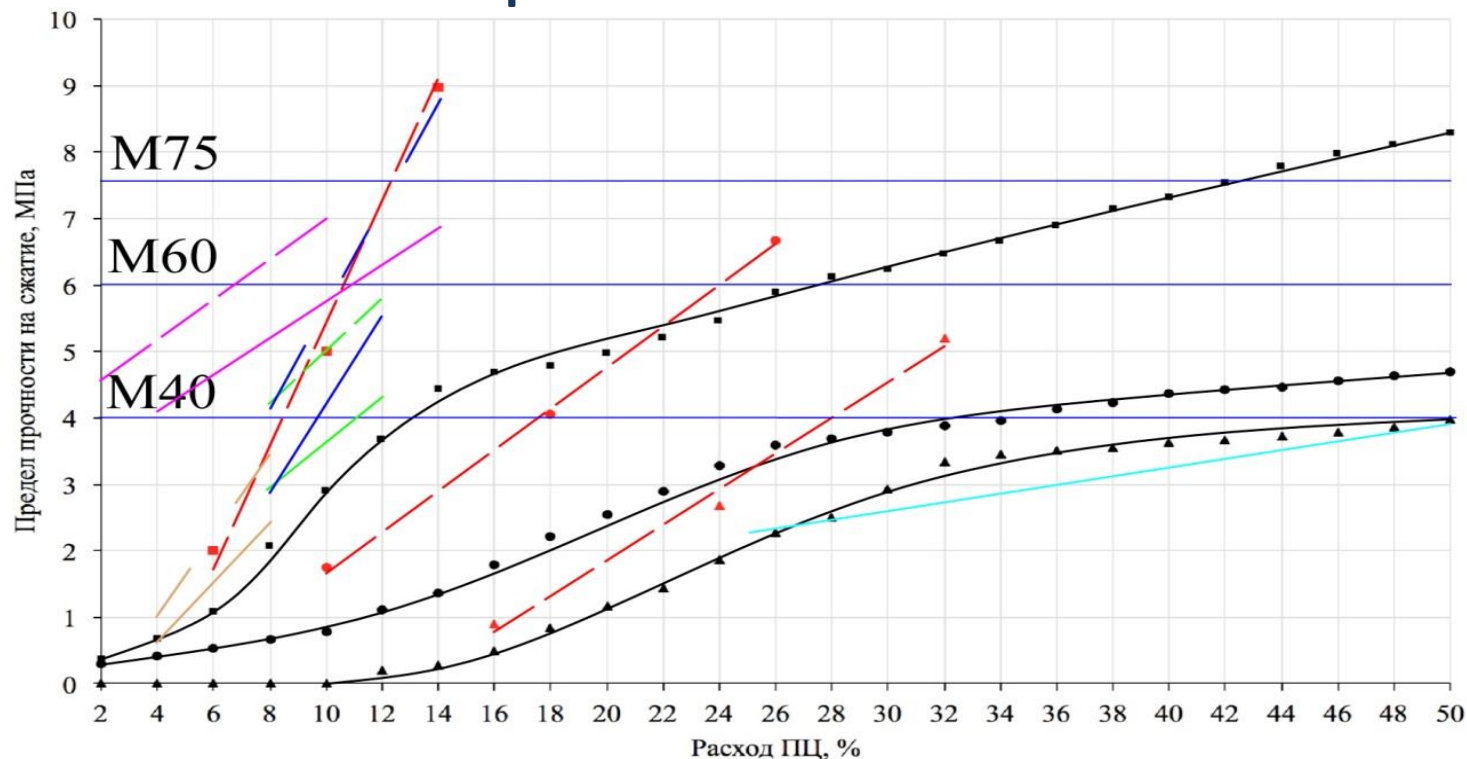
МОДИФИКАТОРЫ

- **Механоактивация** — процесс образования более химически активного вещества предварительной механической обработкой.
- **Механохимия** — предмет изучения химических превращений в веществе или в смеси веществ в процессе механической обработки.
- **Трибохимия** — раздел механохимии, в котором исследуются химические и физико-химические изменения твердых веществ при трении.





МОДИФИКАЦИЯ УКРЕПЛЕННЫХ ЦЕМЕНТОГРУНТОВ

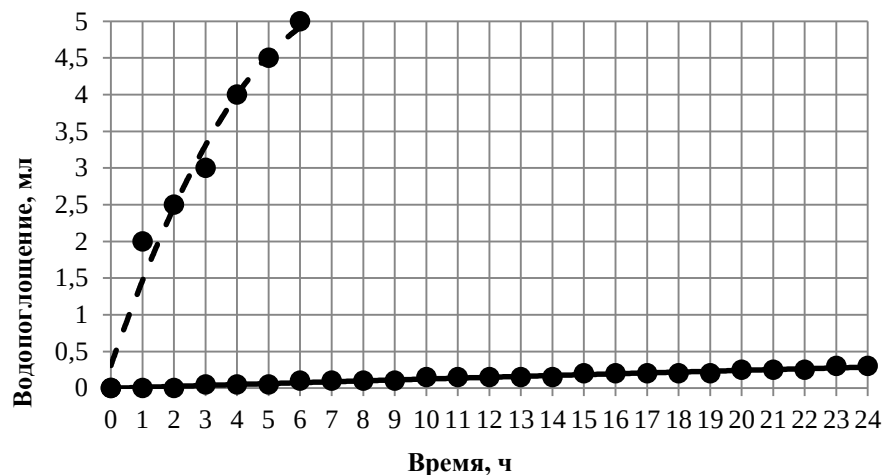


НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МОДИФИКАЦИИ ЦЕМЕНТОГРУНТА ИССЛЕДОВАТЕЛЯМИ

- – Контрольные составы; - - - - - – Модифицированные составы;
- Е.А. Голубева; — С.А. Чудинов; — Л.Ф. Мавлиев; — Т.В. Дмитриева;
- Л.В. Гончарова; — П.Е. Буланов;

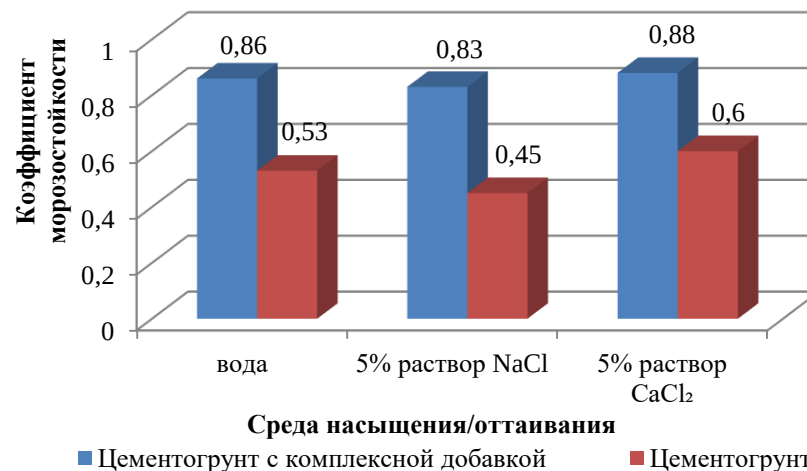


ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

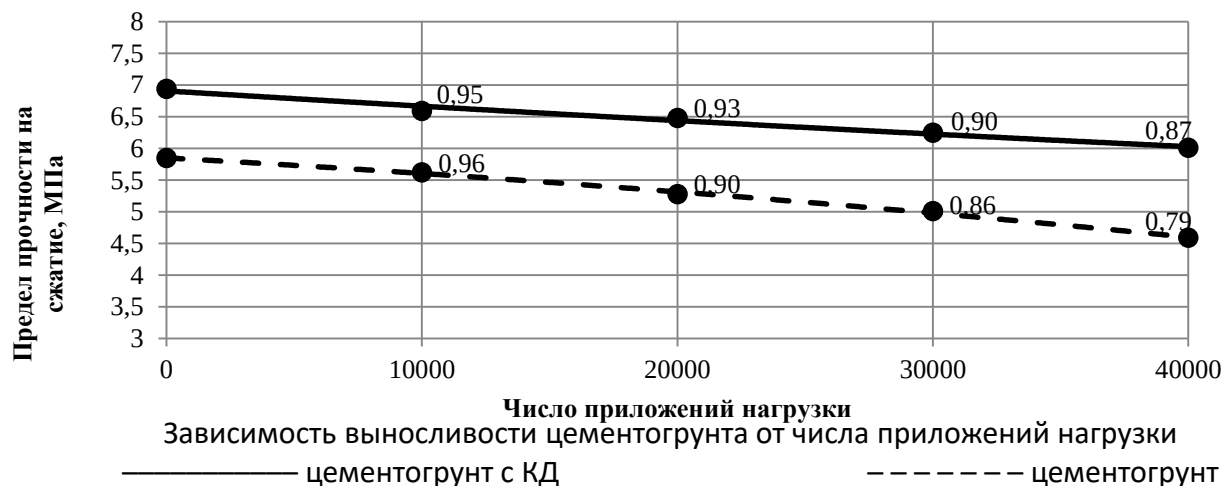


Кинетика водопоглощения методом трубки RILEM II.4

———— цементогрунт с комплексной добавкой
 - - - - - цементогрунт



Коэффициент морозостойкости цементогрунта при различных средах насыщения/оттаивания после 15 циклов замораживания-оттаивания

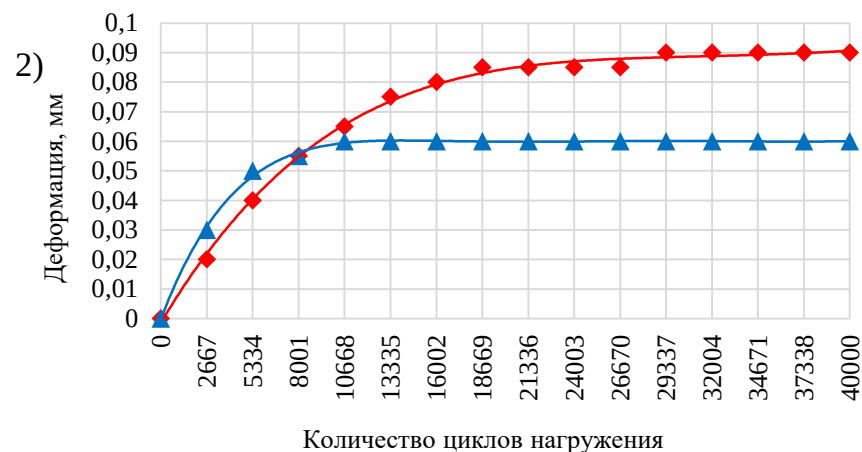
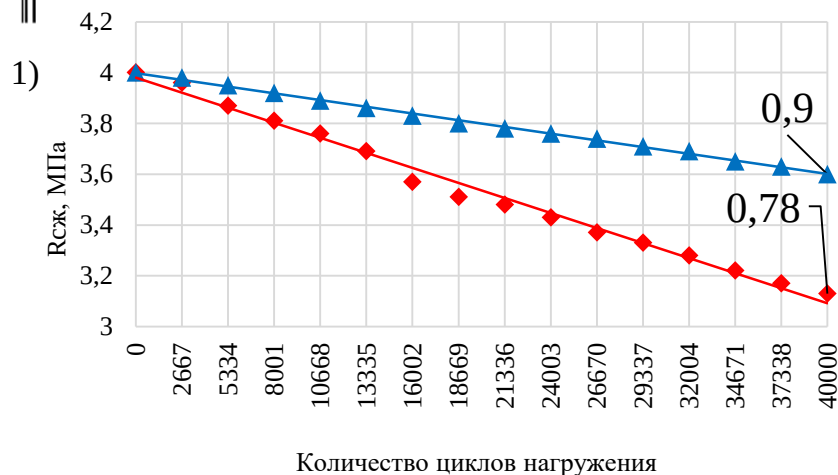


Зависимость выносливости цементогрунта от числа приложений нагрузки

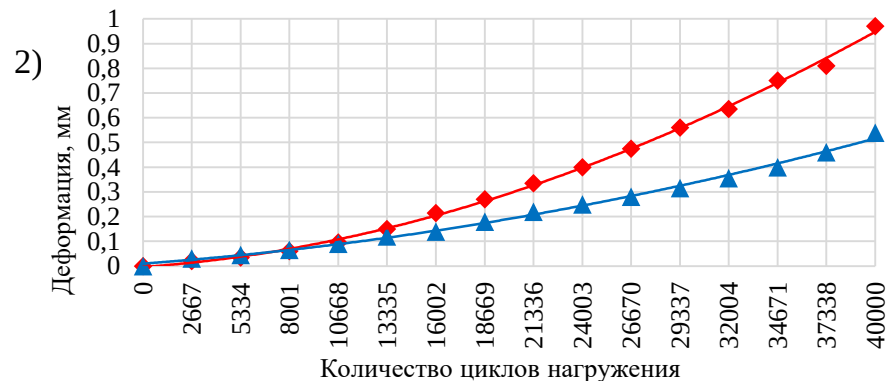
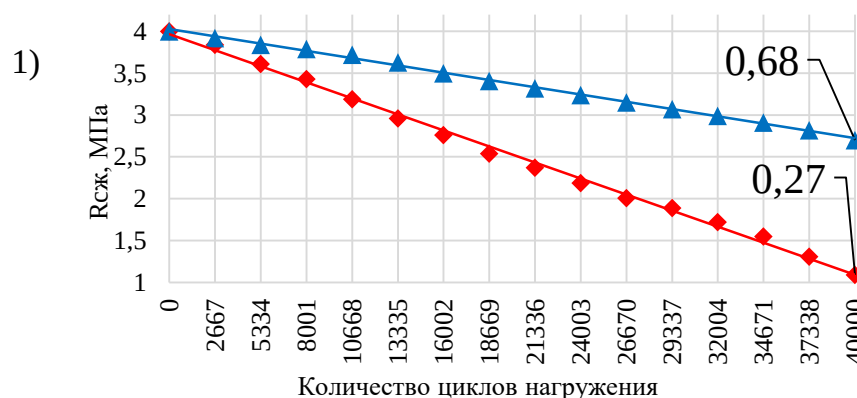
———— цементогрунт с КД
 - - - - - цементогрунт



ПОКАЗАТЕЛИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ



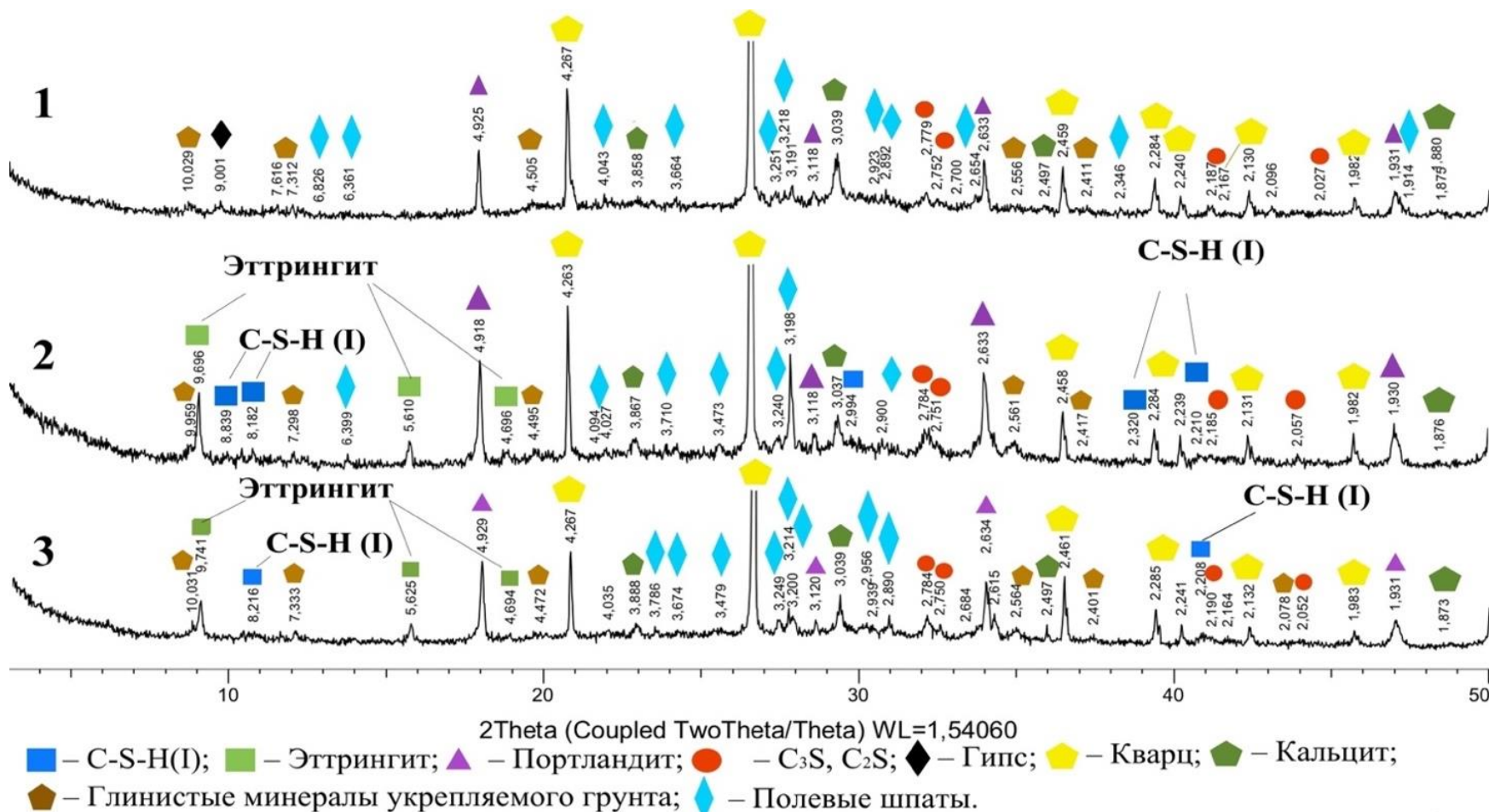
Зависимость изменения прочности на сжатие (1) и деформаций (2) водонасыщенных образцов ЦПГ от числа приложений нагрузки — — Контрольный состав; — — Состав с КГПД



Зависимость изменения прочности на сжатие (1) и деформаций (2) водонасыщенных образцов ЦПГ от числа приложений нагрузки, с учетом переменных замораживаний-оттаиваний — — Контрольный состав; — — Состав с КГПД



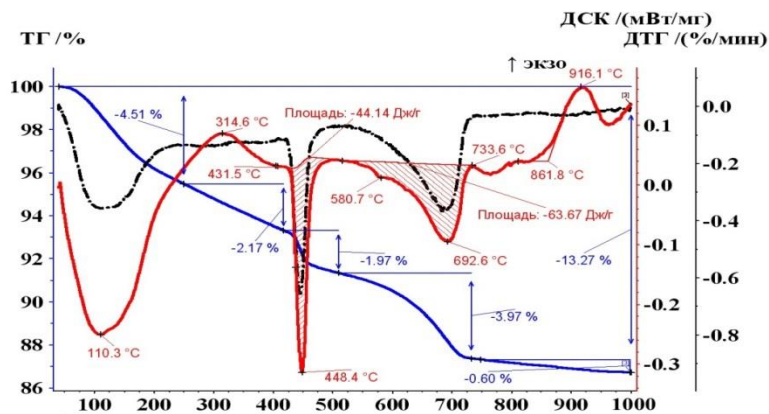
ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ГИДРОФОБНО-ПЛАСТИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И СТРУКТУРУ ЦЕМЕНТОГРУНТОВ



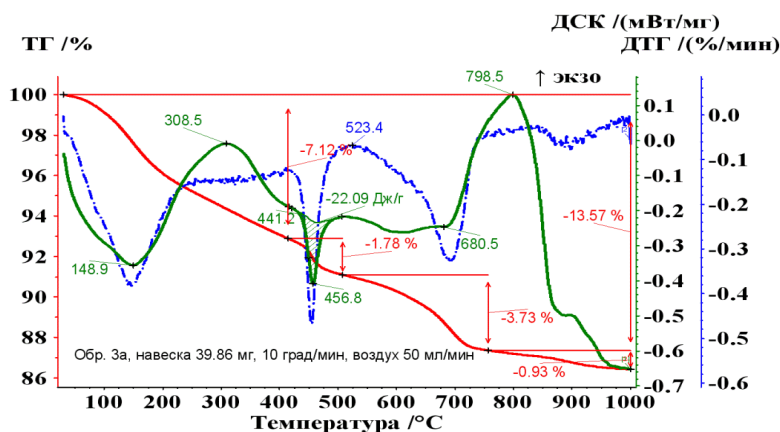
Кривые РФА полиминеральной глины, укрепленной ПЦ
1 – контрольный состав; 2 – состав с ПКС; 3 – состав с КГПД



ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ГИДРОФОБНО-ПЛАСТИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И СТРУКТУРУ ЦЕМЕНТОГРУНТОВ

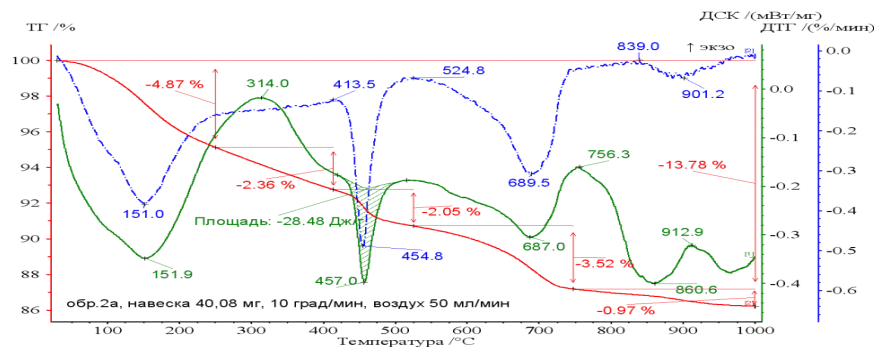


Кривые ТГ, ДТГ и ДСК контрольного состава ЦПГ



Кривые ТГ, ДТГ и ДСК образца ЦПГ, модифицированной КГПД

Кривые ТГ, ДТГ и ДСК образца ЦПГ, модифицированной ПКС

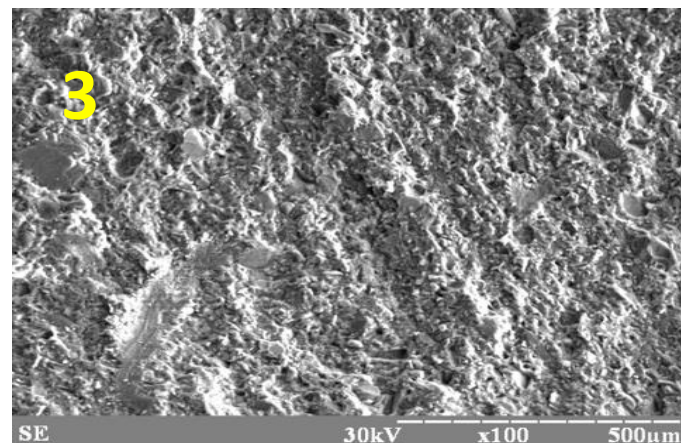
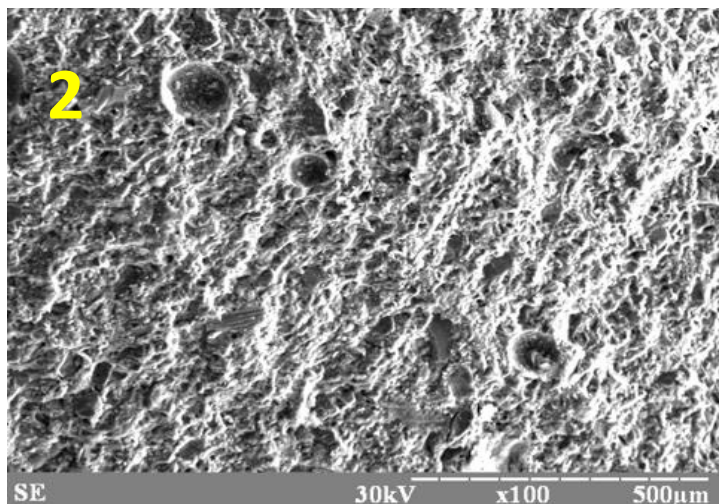
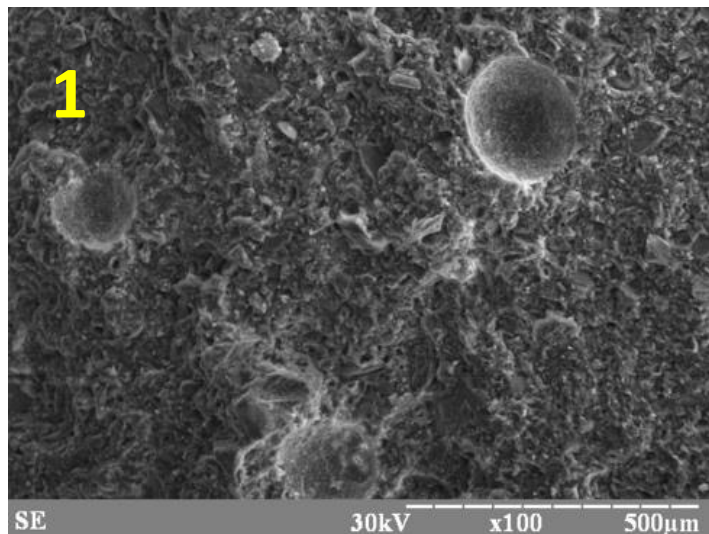


Полуколичественный рентгенофазовый анализ образцов ЦПГ, ЦКГ и ЦМГ модифицированных ПКС и КГПД

Наименование цементогрунта	Наименование минерала/фазы	Количество минерала/фазы в контрольном составе, %	Количество минерала/фазы в составе с ПКС, %	Количество минерала/фазы в составе с КГПД, %
ЦПГ	Этtringит	-	8,90	7,70
	C-S-H (I)	-	8,00	4,64
	Алит, белит	10,43	6,68	7,62
	Минералы ПГ	71,79	68,96	73,02
	Портландит	13,01	7,46	7,02
	Гипс	4,77	-	-
ЦКГ	Аморфная фаза	38,1	46	44,2
	Этtringит	1,58	7,21	4,21
	C-S-H (I)	1,43	8,78	5,71
	Алит, белит	14,68	8,03	9,02
	Минералы КГ	71,79	69,64	75,39
	Портландит	10,52	6,34	5,67
ЦМГ	Аморфная фаза	40,3	48,9	45,0
	Этtringит	1,51	10,85	10,76
	C-S-H (I)	1,99	10,87	5,04
	Алит, белит	11,81	7,15	7,29
	Минералы МГ	74,41	65,26	72,53
	Портландит	10,28	5,87	4,38
	Аморфная фаза	49	59	56



ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ГИДРОФОБНО-ПЛАСТИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И СТРУКТУРУ ЦЕМЕНТОГРУНТОВ



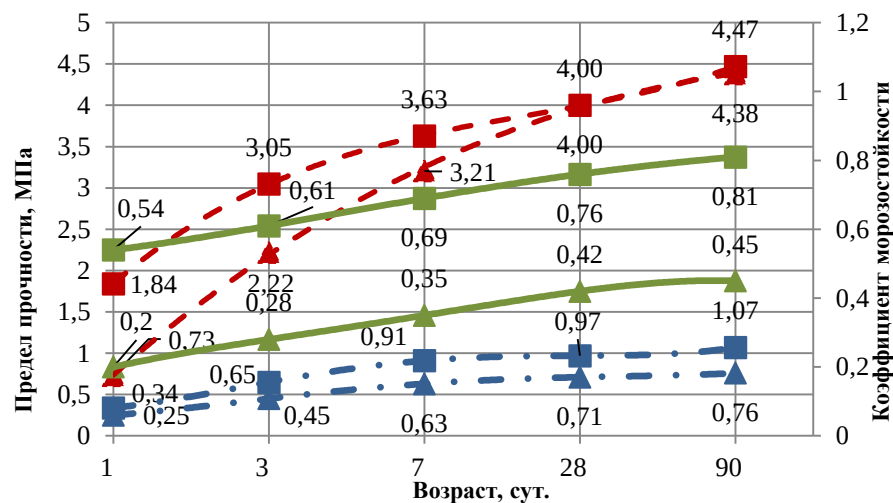
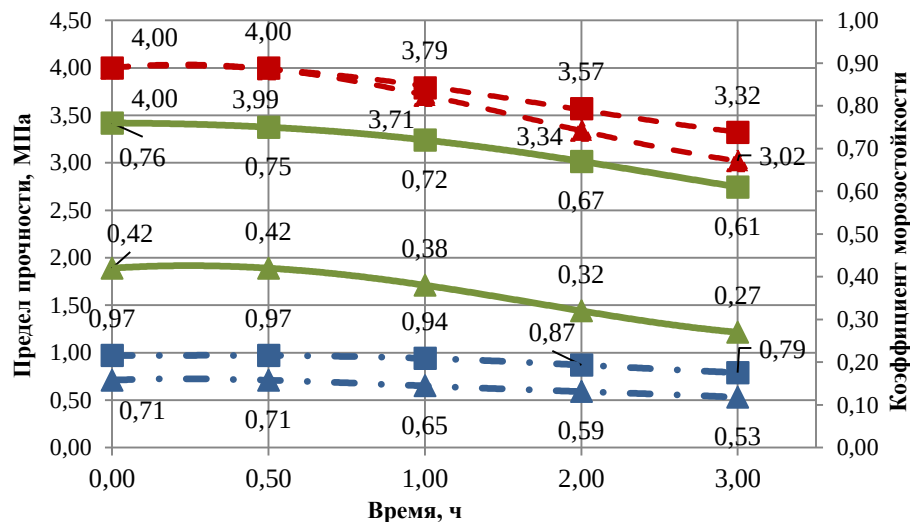
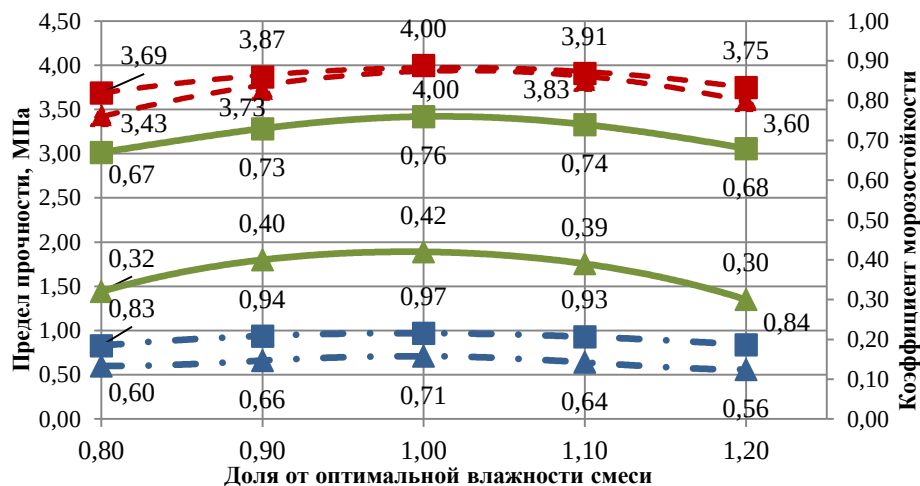
Показатели поровой структуры и водопоглощения ЦПГ

№ состава	Расход ПЦ	Наименование добавки	Средняя плотность, г/см ³	Полный объем пор, %	Водопоглощение по массе, %	Объем открытых капиллярных пор, %	Объем условно-закрытых пор, %
1	2	3	4	5	6	8	10
1	6	-	1,90	23,39	10,08	19,15	3,83
2	10	-	1,92	23,20	8,33	15,99	6,87
3	14	-	1,95	22,62	7,06	13,79	8,61
4	6	КГПД	1,93	22,49	1,78	3,44	18,97
5	10	КГПД	1,97	22,13	1,32	2,60	19,49
6	14	КГПД	2,02	21,17	0,94	1,90	19,24

Микроструктура сколов образцов, полиминеральной глины, укрепленной портландцементом: 1 – контрольный состав; 2 – состав, модифицированный ПКС; 3 – состав, модифицированный комплексной гидрофобно-пластифицирующей добавкой (КГПД)



ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТОГРУНТА С КОМПЛЕКСНОЙ ГИДРОФОБНО-ПЛАСТИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКОЙ



Зависимость предела прочности при сжатии, растяжение при изгибе, коэффициента морозостойкости образцов цементогрунта:

- 1) от влажности смеси;
- 2) от продолжительности технологического процесса;
- 3) от времени твердения.

■ образцы с КГПД
▲ контрольные образцы
--- R_{сж}
-.- R_{изг}
— K_{мор}



АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА В НОВОШЕШМИНСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН



Распределение песка автогрейдером



**Подвоз асфальтогранулята
погрузчиком**



**Распределение асфальтогранулята
автогрейдером**



**Розлив воды поливомоечной машиной
(раствор гидрофобизатора для участка 1)**



**Распределение цемента
цементораспределителем**



**Распределение фиброволокна
автогрейдером (участок 2)**



АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА В НОВОШЕШМИНСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН



Внесение активированных минеральных наполнителей цементораспределителем (участок 3,4)



Смешение компонентов ресайклером с последующим уплотнением катком



Планировка готовой смеси



Уплотнение готовой смеси



Розлив битумной эмульсии автогудронатором



Укладка асфальтобетона



АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА В НОВОШЕШМИНСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Мониторинг экспериментальных участков



Отбор проб на экспериментальных участках



**Определение прогибов
(модуля упругости) на
экспериментальных участках**



ОБЪЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ И МОНИТОРИНГА

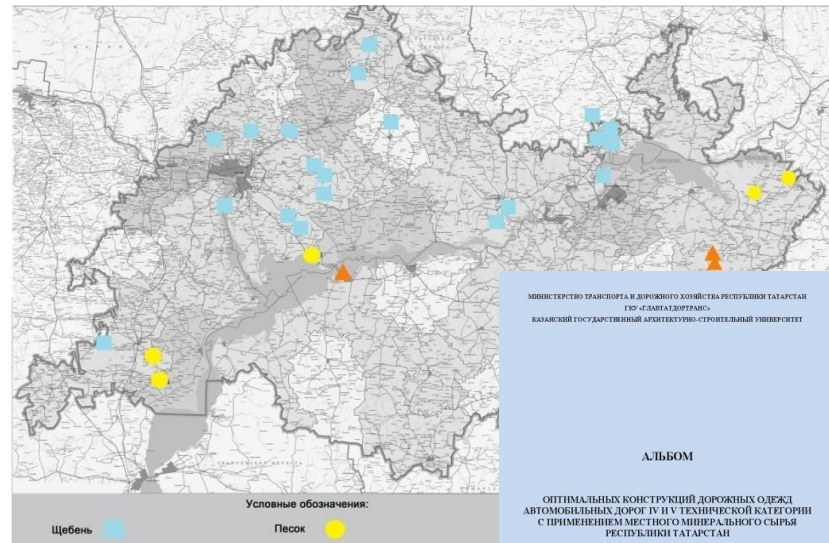
- в 2013 году 4 экспериментальных участка в Нурлатском районе Республики Татарстан;
- в 2015 году 3 экспериментальных участка в Лаишевском районе Республики Татарстан;
- в 2015 году экспериментальный участок на Акташском АБЦ в Республике Татарстан;
- в 2016 году экспериментальный участок в Азнакаевском районе Республики Татарстан;
- в 2017 году экспериментальный участок в Азнакаевском районе Республики Татарстан;
- в 2018 году 5 экспериментальных участка в Новошешминском районе Республики Татарстан;
- в 2019 году 3 экспериментальных участка в Спасском районе 1 экспериментальный участок в Азнакаевском районе, 1 экспериментальный участок в Пестречинском районе Республики Татарстан



«РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ И ОБРАБОТАННЫХ МАТЕРИАЛОВ»

Совместно с Министерством транспорта и дорожного хозяйства РТ, ГКУ «Главтатдортранс»:

- Исследованы грунты и материалы карьеров местного минерального сырья РТ (щебень, песок, ПГС). Определены их свойства и пригодность для дорожных одежд;
- Разработаны оптимальные составы цементогрунтов с добавками на основе гидрофобных и гидрофильных ПАВ и полимеров, электролитов, активированных минеральных наполнителей, фиброволокон, отходов производств (шламов, шлаков). В качестве гранулометрических добавок применены местные минеральные материалы (песок, ПГС, карбонатный щебень, отходы и отвалы камнедробления) с действующих карьеров, асфальтобетонный гранулят и бетонный лом;
- Разработан **Альбом** конструкций дорожных одежд автомобильных дорог низкой интенсивностью движения с применением в качестве слоев основания обработанных и модифицированных местных минеральных материалов;
- Выполнено строительство более 20 экспериментальных участков автомобильных дорог в Республике Татарстан с осуществлением мониторинга в 2013-2019 г.г. Запланировано дальнейшее внедрение в рамках дорожных работ на 2020г.



Агрызский район					
Вид грунта	Карьеры	Дорожная одежда		Вариант	Опт.
		Конструкция	Толщины слоев IV категории* V категории**		
1	2	3	4	5	6
Песок средней крупности	Отсутствуют	1 – Асфальтобетон плотный II марки типа Б, марка битума БНД-60/90 2 – Асфальтобетон 1/3 пористый II марки, марка битума БНД-60/90 3 – Укрепленный грунт марки по прочности М40, морозостойкости F15 4 – Песчано-гравийная смесь	$h_{дг} = 5 \text{ см}$ $h_{дг} = 6 \text{ см}$ $h_{дг} = 29 \text{ см}$ $h_{дг} = 30 \text{ см}$	$h_{дг} = 4 \text{ см}$ $h_{дг} = 6 \text{ см}$ $h_{дг} = 16 \text{ см}$ $h_{дг} = 30 \text{ см}$	B1 B2 B3 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

Щ – щебень карбонатный; АГ – асфальтогранулят; АПМ – аллювионит; ПГС – поликарбонат; КХТ – калий хлористый; СН – силикат натрия; ЛСТ – литносульфонат
 щ – щебень карбонатный; АГ – асфальтогранулят; АПМ – аллювионит; ПГС – поликарбонат; КХТ – калий хлористый; СН – силикат натрия; ЛСТ – литносульфонат



АЛЬБОМ

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

КАЗАНЬ
2018



«РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ»

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНОЕ УПРАВЛЕНИЕ -7» (ООО СМУ-7) УТВЕРЖДАЮ Директор ООО "СМУ-7"  Ф.У. Хайретдин «__» _____ 2019 г.  ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ на использование бурового шлама и горной породы в дорожной одежде и земляном полотне автомобильных дорог и площадок СОГЛАСОВАНО УТВЕРЖДАЮ Проректор по НИР КГАСУ  Е.А. Власов «__» _____ 2019 г. 	МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ЩЕБЕНЬ, ЩЕБЕНОЧНО-ПЕСЧАНЫЕ СМЕСИ, ЦЕМЕНТО- ГРУНТОВЫЕ И ЩЕБЕНОЧНО-ПЕСЧАНО-ЦЕМЕНТНЫЕ СМЕСИ ИЗ ДРОБЛЕННОГО БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА СТО 0000000-0000-2020 Издание официальное Казань 2020	МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ АСФАЛЬТОБЕТОНЫ ДОРОЖНЫЕ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНО-БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ СТО 5718-002-572536637-2015 Главное казенное управление содержания и развития дорожно-транспортного комплекса Татарстана ГКУ «Главтатдортранс» Казань
--	---	---



КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



**International Scientific Conference on Socio-Technical
Construction and Civil Engineering
(STCCE – 2020)**

ПРИГЛАШАЕМ К УЧАСТИЮ В КОНФЕРЕНЦИИ

14 АПРЕЛЯ 2020 года

stcce.kgasu.ru



Organizer:

- Kazan State University of Architecture and Engineering
- Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
- University of East London



**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СРОКОВ СЛУЖБЫ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

*Проректор по научно-исследовательской работе,
заведующий кафедрой*

«Автомобильные дороги, мосты и тоннели»

Вдовин Евгений Анатольевич