

## **Инновационные технологии строительства сельских автомобильных дорог с применением органо-полимер-цемент-щебеночных песчаных и грунтовых смесей**

Не имеет аналогов в России и мировой практике изобретение к.т.н. С.И. Дубины при участии учёных ВАТТ имени генерала армии А.В. Хрулёва и Омского «СоюзДорНИИ», которыми разработана и внедрена новая технология устройства органо-полимер-цемент-грунтовых оснований и покрытий.



Ее разработке предшествовала большая работа по изучению различных связей в грунтах, ионного обмена в них, анализу имеющихся способов укрепления грунтов различного генезиса, перспективных вяжущих и поверхностно-активных веществ (ПАВ).



Приготовление ГПЦГ на гравитационном центробежном автоматическом перемешивающем агрегате (ГРАВИЦАПА-2007)



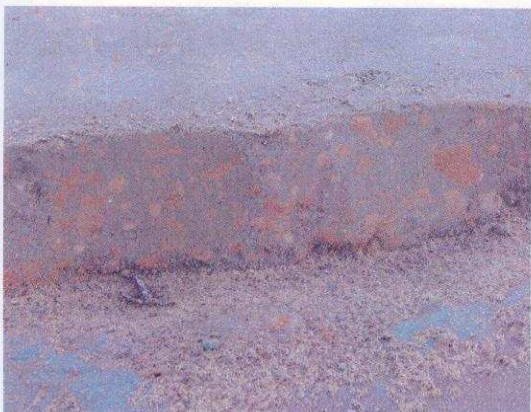
Готовая гидро-полимер-цементно-грунтовая смесь с характерной для нее осадкой



Укладка гидро-полимер-цементно-грунтовой смеси из композитных материалов



Готовое основание из ГПЦГС. Срок исполнения – 4 суток.



Фрагмент мощного ионного обмена, объединяющего в единое агрегированное состояние не только конструктив дорожной одежды, но и находящиеся рядом с ним песчаные, пылеватые и глинистые частицы.



Участок дороги п.Шатки-д.Гаврилово с полимер-щебеночно-мастичным асфальтобетонным слоем износа из малопрочных каменных материалов М 600...М 800

Одной из главных задач поиска вяжущих и соответствующих методов укрепления грунтов является нахождение эффективных решений по существенному улучшению структурно-механических свойств, устраиваемых из укрепленных грунтов конструктивов дорожной одежды и активной зоны земляного полотна. Наряду с уже известными методами, наиболее перспективными являются комплексные методы укрепления грунтов с применением

различных вяжущих материалов, характеризующихся неантагонистическими свойствами и дополняющими друг друга при создании сложных пространственных структур, состоящих как из кристаллизационных жёстких, так и коагуляционных эластичных связей. Только смешанного типа структуры могут обеспечить, с одной стороны, высокую прочность, а, с другой стороны, - необходимую деформативность и, соответственно, повышенные сдвигоустойчивость и трещиностойкость устраиваемых конструктивных слоёв дорожной одежды.

Особую важность в настоящее время приобретают многокомпонентные системы различного рода добавок и стабилизаторов, дополнительно обеспечивающих активный полный обмен, в результате которого уменьшается толщина плёнок воды на частицах грунта и вновь образующихся грунтовых агрегатов, а также разрушается электростатистический потенциальный барьер в грунтовой конгломератной системе. В результате чего органические ионы, содержащиеся в таких многокомпонентных системах, проникают внутрь кристаллической решётки глинистых минералов и вытесняют оттуда ионы  $H^+$  и  $OH^-$ , а также катионы металлов, что способствует более прочной связи между пакетами кристалла. Такими свойствами владеют как отечественные стабилизирующие добавки «Статус - 3М» и «Nisoflok» так и с менее выраженными свойствами зарубежные добавки, успешно применяемые в США, Австрии, Канаде, Германии RRP, ISS- 2500, Roadbond, Permosaim, Ренолит и др. Кроме того, органические катионы указанных добавок, обладающие способностью к ионному обмену, могут вступить в прочную ионную связь непосредственно с минеральной поверхностью грунтовых агрегатов, вытесняя при этом молекулы воды, и нейтрализуют заряды.

Всё это позволяет получать укрепленные грунтовые смеси, при уплотнении которых включается механизм межмолекулярного взаимодействия частиц грунта по типу связей Ван-дер-Ваальса и ускоренного формирования кристаллизационных связей без образования или значительного уменьшения сульфатных оболочек, являющихся одной из основных причин малой прочности укрепленных минеральными вяжущими грунтов.

При этом повышается плотность грунта, снижается его оптимальная влажность, происходит агрегирование укрепленного грунта, создаются более прочные и водостойкие структуры грунта. Что позволяет практически на 2 - е сутки после устройства конструктивного слоя из укрепленных грунтов с использованием цемента, редиспергируемой полимерно-минеральной композиции (ПМК) «Nisoflok» и гидрофобизирующей добавки «Статус - 3М» достичь марки прочности на сжатие не ниже М 40, рекомендованной ГОСТ 23558 - 94 для покрытия со слоём износа в дорожных одеждах переходного

типа. На 7 и 28 суток предел прочности на сжатие достигает соответственно 7,2 и 11,4 МПа (Рис.1).

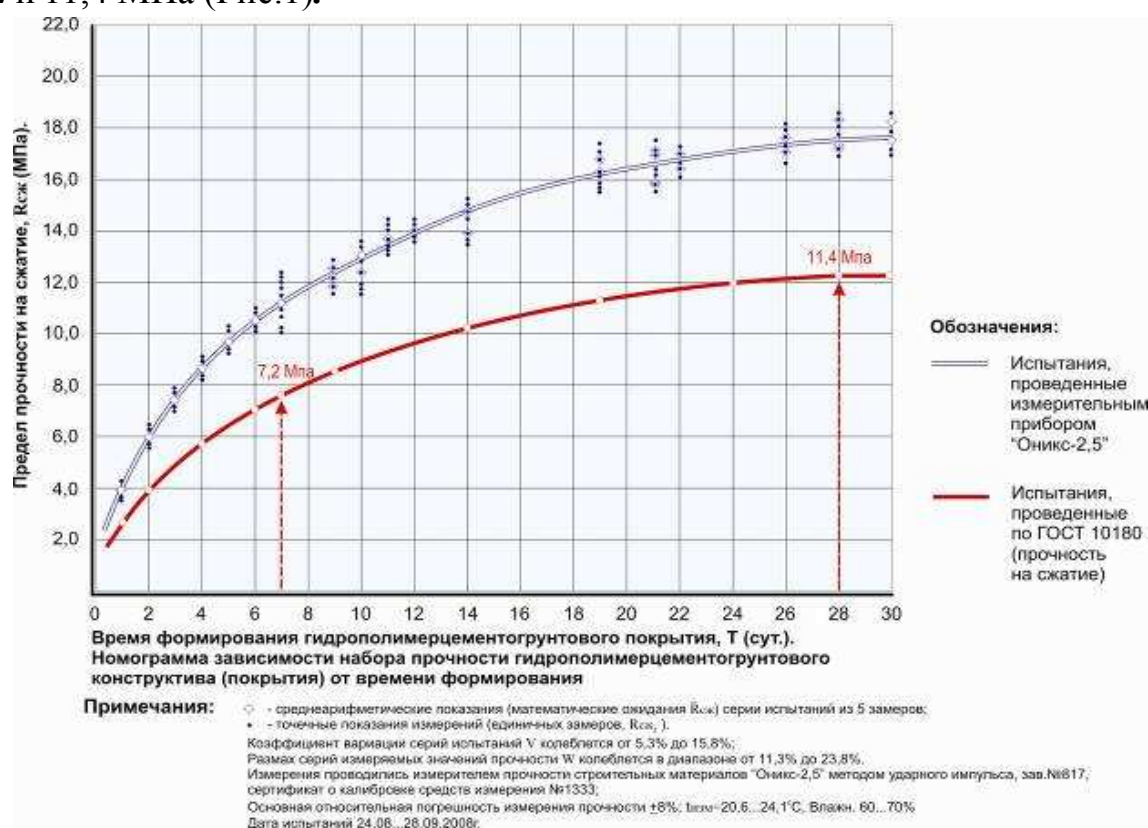


Рис. 1.

А учитывая то, что при использовании ПМК структура кристалла цементного камня меняет свою обычную форму и формируется вдоль энергетического потока, образованного цепями полимера, происходит образование микрокристаллов игольчатой формы и микроармирование цементного камня. Этим и объясняется увеличение прочности на растяжение при изгибе в 1,5 ... 2 раза, а также отсутствие микротрещин в устраиваемом конструктиве при правильном подборе укрепляемой смеси. Достижение данных свойств возможно только при редиспергации (восстановлении дисперсности при затворении или соприкосновении с водой) порошков и минеральных наполнителей, входящих в ту или иную полимерно-минеральную композицию стабилизирующей добавки.

В процессе формирования структуры обработанного материала и укрепленного грунта (термины в соответствии с ГОСТ 23558 - 94) происходит образование зон (микрополей фаз) с неравнозначными физико-химическими, а также электростатическими свойствами.

Установлено, что различные характеристики микрополей фаз могут позитивно сказываться на технологических свойствах применения данной грунтовой смеси при строительстве, но в то же время иметь отрицательные

показатели при дальнейшей эксплуатации конструктива, устроенного из этой смеси, как его явных внешних дефектов (трещин, шелушения, отслаивания), так и его скрытых дефектов (пористость, усадочность, неравномерность распределения гранулометрического состава). Здесь можно отметить, что элементы структуры микрополя зарождаются в свободнодисперсной среде и сохраняют трансформированную память при переходе в связнодисперсную массу, а совокупный электростатистический потенциал микрополей замыкается на фазовой границе и обуславливает электростатистическую компоненту расклинивающего давления в межфазовой зоне. Поэтому редиспергация и выравнивание характеристик микрополей позволяет устранять зачатки очагов электростатистического напряжения при физико-химическом преобразовании смеси как обработанного материала, так и укрепленного грунта, в результате чего значительно снижается опасность образования указанных выше дефектов конструктивного слоя.

Следует отметить также то, что скорость редиспергации полимерно-минеральной композиции (ПМК) в обработанном материале и укрепленном грунте зависит от величины водородного показателя рН водной вытяжки грунтов и вида используемых добавок электролитов. Например, для грунтов, пригодных для обработки катионными гидрофобизаторами рН, должны быть не менее 5,0. В то же время для грунтов, пригодных для обработки их анионными гидрофобизаторами, например, группы алифатических аминов с углеродными атомами в радикале C16 ... C20 типа «Dinaramsl» или «Stabiram», рН должно быть не более 5,0.

Отсюда вытекает ещё один вывод: при подборе состава компонентов в смеси обработанных материалов и укрепленных грунтов необходимо добиваться проявления конкретных устойчивых свойств, которые останутся стабильными (сдвигустойчивость, трещиностойкость, безусадочность и тому подобное), тогда как другие свойства (пластичность, удобоукладываемость) данной смеси могут изменяться.

Расчёт допустимого диапазона изменения количества компонентов в смеси как обработанных материалов, так и укрепленных грунтов может производиться с учётом сохранения основного устойчивого свойства (например, прочность, деформативность или износостойкость) для отдельного конструктивного слоя основания дорожной одежды. Определение допустимого диапазона изменения количества различных компонентов в смеси с учётом возможности совмещения различных свойств может производиться по графику устойчивых зон изменения заданных параметров рассматриваемых свойств (Рис. 2).

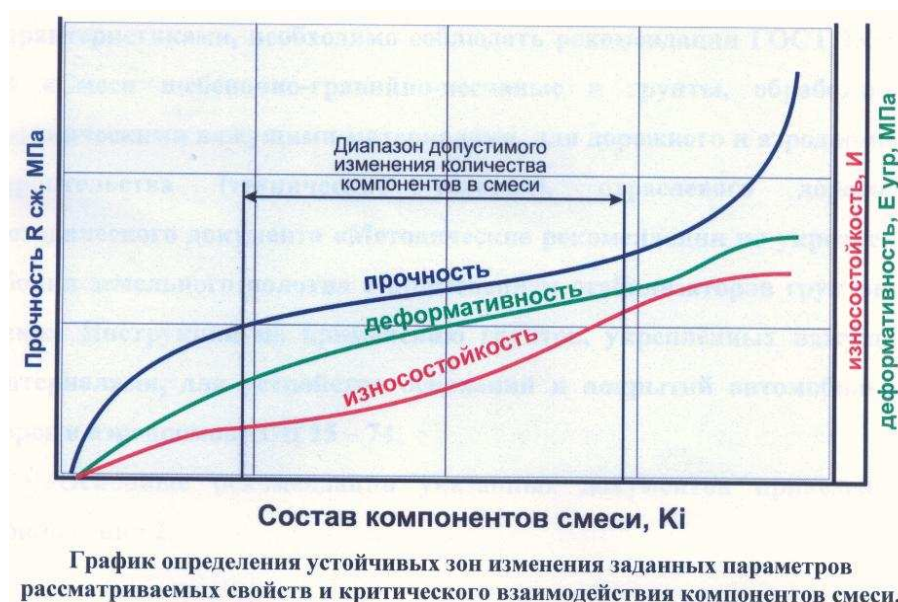


Рис. 2.

Это позволит уйти от определения состава смеси обработанного материала и укрепленного грунта «методом» фактической его подгонки под лучшее очевидное свойство. В то же время предлагаемый способ подбора комплексного модификатора по принципу определения основного устойчивого свойства (ОУС) органо-полимер-цемент-грунтовой смеси обеспечит стабильность качества и снижение стоимости устраиваемого дорожного конструктива.

Полимерно-минеральная композиция на основе редиспергируемых порошков и минеральных наполнителей «Nicoфлок», используемая при укреплении грунтов, как модифицирующая добавка, может быть применена для всех видов грунтов, пригодных к укреплению цементом без каких либо ограничений по кислотности грунта, наличию сульфатов, хлоридов и гипса. Для получения возможности совмещения различных свойств смеси с соответствующими прочностными и деформационными характеристиками, необходимо соблюдать рекомендации ГОСТ 23558 - 94 «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства» (технические условия), отраслевого дорожного методического документа «Методические рекомендации по укреплению обочин земельного полотна с применением стабилизаторов грунтов», а также Инструкции по применению грунтов, укрепленных вяжущими материалами, для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог и аэродромов» СН 25 - 74.

Кроме того, новая органо-полимер-цемент-грунтовая композиция впервые позволяет устраивать конструктивные слои из грунта, укрепленного минеральными вяжущими, без трудоёмкого процесса по его уходу, так как она

обладает высокой вододерживающей способностью при формировании конструктива. Нельзя не отметить и тот факт, что органо-полимер-минеральная композиция хорошо абсорбируется и на гидросульфоалюминатах, что позволяет её использовать при укреплении солёных грунтов. Это подтверждается результатами исследований «КаздорНИИ». Следует также отметить и повышенную адгезию к битуму рассматриваемых композиций (напряжение на отрыве составило от 0,12 МПа для битумов с пониженной вязкостью и до 0,25 МПа для битумов с высокой вязкостью).



Устраиваемые конструктивные слои из органо-полимер-цемент-грунтовых смесей прочнее (в 2 - 3 раза) по сравнению с их зарубежными аналогами (например Германия, Канада, США, Австрия) (Рис. 3) и позволяют обеспечить замену каменных материалов в дорожных одеждах, значительно уменьшив при этом их толщину и в 1,5 раза стоимость по сравнению с типовой конструкцией при равной их прочности (Рис. 4).

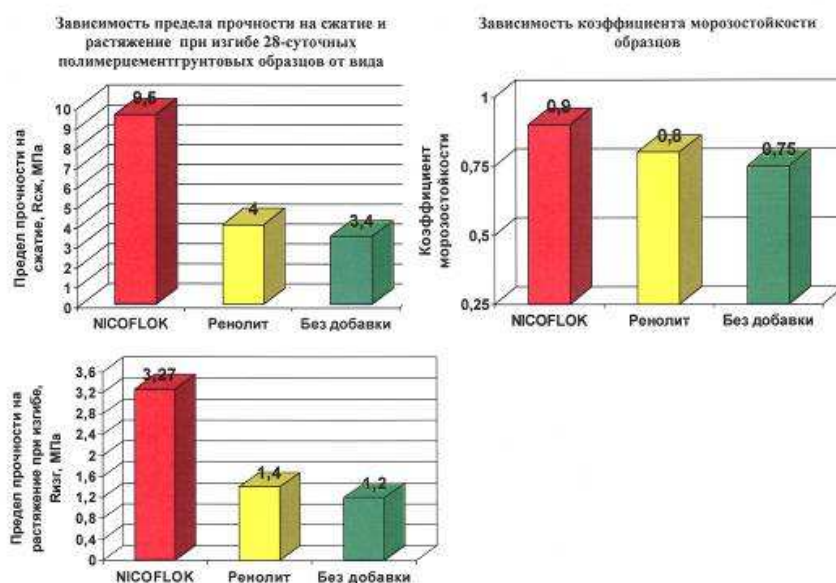
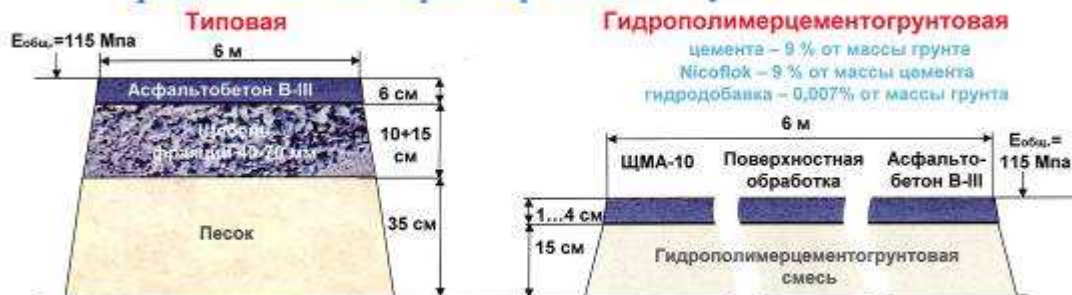


Рис. 3.

## Сравнительные характеристики дорожной одежды



Технико-экономические показатели (в ценах 2007г.)

	Типовая		ЩМА-10	Поверхностная обработка	Асфальтобетон В-III
Конструкция дорожной одежды, в т.ч.	38 см	Конструкция дорожной одежды, в т.ч.	18 см	17 см	19 см
Покрытие – асфальтобетон В-III	6 см	Покрытие	3 см	1-2 см	4 см
Щебень фракции 40-70 мм	25 см	Гидрополимерцементогрунтовая смесь с жидкими композитными добавками	15 см	15 см	15 см
Песок	35 см				
Возможность образования колейности	Имеется	Возможность образования колейности	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
<b>Стоимость 1 км, в т.ч.</b>	<b>6 873 тыс. руб.</b>	<b>Стоимость 1 км, в т.ч.</b>	<b>5 088 тыс. руб.</b>	<b>3 924 тыс. руб.</b>	<b>6 086 тыс. руб.</b>
землоотно	784 тыс. руб.	землоотно	784 тыс. руб.	784 тыс. руб.	784 тыс. руб.
дорожная одежда	6 089 тыс. руб.	дорожная одежда, в т.ч.	4 314 тыс. руб.	3 140 тыс. руб.	4 302 тыс. руб.
		основание из ГПСГ смеси	2 510 тыс. руб.	2 510 тыс. руб.	2 510 тыс. руб.
		покрытие	1 492 тыс. руб.	318 тыс. руб.	1 480 тыс. руб.
		укрепление обочин щебнем (h = 10 см)	312 тыс. руб.	312 тыс. руб.	312 тыс. руб.
<b>Срок службы основания</b>	<b>6 - 8 лет</b>	<b>Срок службы основания</b>	<b>12 - 18 лет</b>	<b>12 - 18 лет</b>	<b>12 - 18 лет</b>

Рис. 4.

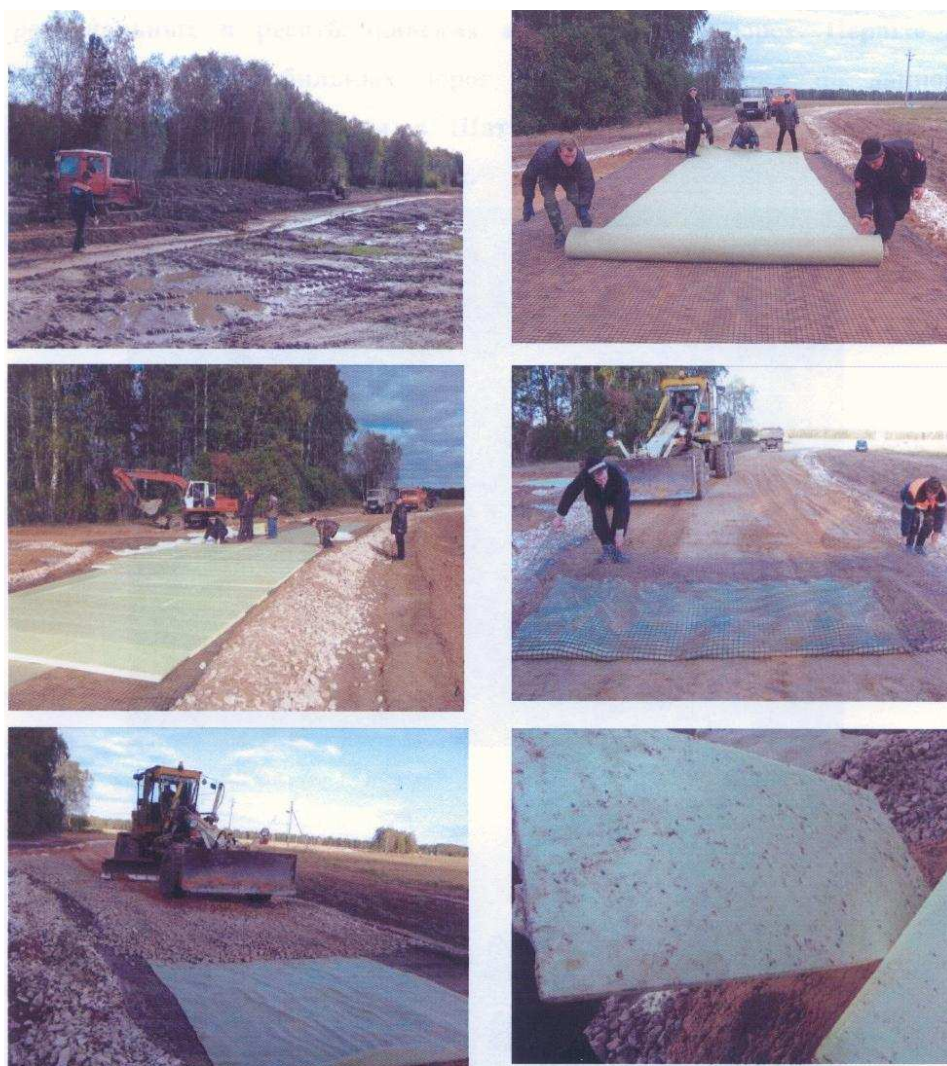
В настоящее время в пяти районах Нижегородской области апробированы и внедрены в производство как приготовление органо-полимер-цемент-грунтовых смесей на различных видах цементобетонных и растворных установках с применением отечественных добавок «Nisoflok» и специально подготовленной для этой цели гидродобавки, так и технологические процессы и операции по устройству надёжных, с большим сроком службы конструктивов дорожной одежды, обладающих повышенной прочностью и деформативной способностью (модуль упругости около 1000 МПа), которые обеспечивают требуемые сдвигоустойчивость, трещиностойкость и морозостойкость.



Устройство гидро-полимер-грунтового основания (июнь 2008 года) на участка а Молчаново-Мостовка II ДКЗ и 2-ой тип местности по характеру увлажнения. Ознакомление с технологией и применяемыми материалами делегацией Волгоградского управления дорог.

На участках автомобильных дорог во II-ой дорожно-климатической зоне и 3-ем типе местности по характеру увлажнения требуется выполнение обязательных мероприятий, обеспечивающих их стабильную работу в круглогодичном режиме. Для этих целей предусматривалось устройство морозозащитного слоя из плит «ТЕПЛЕКС» (экструдированного пенополистирола).

С использованием рассматриваемого изобретения предусматривается решение глобальной задачи по строительству автомобильных дорог в Нижегородской области, - к 2012 году соединить все посёлки и деревни твёрдым дорожным покрытием с сетью региональных и республиканских автомобильных дорог. Первые 8 километров автомобильных дорог IV и V категории по данной технологии уже построены в Шатковском, Шарангском, Борском, Сокольском и Городецком Районах.



**Устройство морозозащитного слоя из плит экструдированного пенополистирола ( $h_{пл.}=6$  см). Контрольная проверка плит после разравнивания щебеночной обоймы толщиной 20 см автогрейдером и уплотнением 12-ти тонным катком на пневмоходу показала их целостность и сохранность без сдвижек со следами вдавливания глубиной 3-4 мм от щебня.**

Генеральный директор ООО «Центр Дорожных технологий», эксперт ФГУП «РОСДОРНИИ», член Международного общества механики грунтов и геотехнического строительства (ISSMGE), к.т.н. Дубина С.И.

Зам. Генерального директора ООО «Омский СоюзДорНИИ», к.т.н. Бедрин Е.А.

Инженер ООО «ИЦ-ДОРСЕРВИС», аспирант Гусев Н.К.

Генеральный директор ООО «Никель» Максимов А.Т.