

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт инженерной физики и радиоэлектроники  
Кафедра экспериментальной физики и инновационных технологий

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ А.К. Москалев  
подпись      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

27.03.05 – Инноватика

«Технико-экономическое обоснование внедрения стабилизатора грунта «ANT»  
при капитальном ремонте участка дороги»

Руководитель

\_\_\_\_\_

подпись, дата

доц, канд. экон. наук

должность, ученая степень

Л. С. Кислан

инициалы, фамилия

Выпускник

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Ю. В. Строкова

инициалы, фамилия

Красноярск 2017

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Технико-экономическое обоснование внедрения стабилизатора грунта «АНТ» при капитальном ремонте участка дороги» содержит 44 страницы текстового документа, 2 формулы, 10 таблиц, 15 использованных источников.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ, СТАБИЛИЗАЦИЯ ГРУНТОВ, ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ВНЕДРЕНИЕ, КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ.

Объектом исследования является дорожное строительство. Предметом является инновационный продукт для стабилизации грунтов «АНТ».

Целью работы является оценка возможности внедрения инновационного продукта для стабилизации грунтов «АНТ» на территории Новосибирской области при капитальном ремонте участка дороги.

Задачами работы являются:

- сбор и анализ информации о существующих современных материалах стабилизации грунтов;
- определение физико-механических характеристик стабилизатора грунтов «АНТ»;
- определение экономических показателей предлагаемой модели применения стабилизатора грунта;
- анализ полученных значений и оценка возможности внедрения предлагаемой инновации на территории НО.

В ходе работы были рассмотрены основные материалы для стабилизации грунта на территории Новосибирской области. Сравнивались физико-механические свойства существующих материалов и предлагаемого для внедрения стабилизатора. Так же был проведен анализ экономической эффективности применения на модели капитального ремонта участка дороги.

Итогом работы стал расчёт положительного экономического эффекта от внедрения нового продукта стабилизатора грунта «АНТ».

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Стабилизация грунтов .....	6
1.1 Особенности дорожно-транспортной сети стран Европы.....	6
1.2 Распространенность применения стабилизации грунтов в России .....	13
1.3 Опыт применения новых разработок в Новосибирске и Новосибирской области .....	16
2 Техническое обоснование применения инновационного продукта «ANT» в области дорожного строительства .....	20
2.1 Область и условия применения стабилизаторов грунта .....	20
2.3 Предлагаемая для внедрения инновация стабилизатор грунта «ANT» .....	22
2.3 Сравнительный анализ физико-механических показателей грунтов с применением предлагаемого стабилизатора и его аналогов .....	25
3 Экономическая эффективность внедрения стабилизатора грунта «ANT» при капитальном ремонте дороги .....	30
3.1 Сравнительный анализ стоимостных показателей стабилизаторов грунтов .....	30
3.2 Сравнительные экономические показатели предлагаемой модели на примере капитального ремонта участка дороги .....	31
Заключение .....	42
Список использованных источников .....	43

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность вопроса реабилитации автомобильных дорог определяется для России тем, что финансовые возможности нашей страны крайне ограничены, что не позволяет говорить о новом строительстве и серьезной реконструкции автомагистралей в ближайшее время.

Применение новых технологий — важный шаг вперед. Будущее в решении проблем ремонта автомобильных дорог — за новыми технологиями, так как они отвечают очень жестким требованиям, обеспечивая высокие темпы ремонтных работ, высокое качество работ при сравнительно низкой их стоимости, экологическую безопасность работ.

Таким образом, важнейшее направление по повышению эффективности строительного производства - применение современных технологий, позволяющих повышать качество продукции, производительность труда и экономить энергоресурсы.

Одним из вариантов решения это вариант сделать дорогу качественно и экономно. Технически это улучшение инженерных свойств природных грунтов через смешивание с ними специальных ингредиентов, добавок. Таким ингредиентом может быть стабилизатор грунта.

Стабилизация грунта позволяет экономить сыпучие материалы — песок, щебень, используем местный грунт. Прибавьте к этому экономию на доставке этих материалов. Но главное: ускоряются сроки строительства и продлевается срок службы дороги.

Технология стабилизации грунта основана на измельчении с последующим перемешиванием непосредственно на месте строительства вяжущего (как правило, цемента) с местным грунтом и одновременным добавлением комплекса определенным образом подобранных веществ. Таким образом, в конструкции основания используется не привозной материал (щебень, песок), а местный укрепленный грунт с определенными характеристиками.

Объектом исследования является дорожное строительство. Предметом является инновационный продукт для стабилизации грунтов «ANT».

Таким образом, целью работы является оценка возможности внедрения инновационного продукта для стабилизации грунтов «ANT» на территории Новосибирской области при капитальном ремонте участка дороги.

Задачами работы являются:

– сбор и анализ информации о существующих современных материалах стабилизации грунтов;

– определение физико-механических характеристик стабилизатора грунтов «ANT»;

– определение экономических показателей предлагаемой модели применения стабилизатора грунта;

– анализ полученных значений и оценка возможности внедрения предлагаемой инновации на территории НО.

## 1 Стабилизация грунтов

### 1.1 Особенности дорожно-транспортной сети стран Европы

Одним из существенных препятствий для ускоренного социально-экономического развития российской экономики выступает слабое развитие транспортно-логистической инфраструктуры, особенно в части строительства автомобильных дорог. Общая протяженность автомобильных дорог в России в 2015 г. составила 983 тыс. км, из них 78,9 % имеют твердое покрытие. Доля трасс федерального значения в протяженности дорог общего пользования с твердым покрытием составила 5%. Плотность сети дорог Российской Федерации - 0,06 км/км<sup>2</sup>, что значительно ниже, чем в странах с развитой дорожной сетью. Если принять за оптимальную плотность дорожной сети 0,3 км/км<sup>2</sup>, а площадь освоенной территории России - около 6,5 млн. км<sup>2</sup>, то сеть дорог с твердым покрытием должна составлять около 2 млн. км, а с учетом ведомственных и внутрихозяйственных дорог - около 2,5 млн. км<sup>3</sup>. Статистические данные Госкомстата свидетельствуют о том, что наша страна, имеющая самую большую территорию, в сравнении с другими крупными государствами мира, имеет самую низкую плотность автомобильных дорог, что отражено в таблице 1.

Таблица 1-Плотность автомобильных дорог стран мира

№ п/п	Государства мира	Площадь территории страны, тыс. км <sup>2</sup> .	Все дороги, тыс. км	Из них с тв. покрытием тыс. км	В процентах от общей протяженности дорог	Плотность а/дорог – всего, км дорог на 1000 км <sup>2</sup> территории
1	Япония	378	1208	968,0	80,1	3197
2	Франция	643	1041,2	1041,2	100	1887,9
3	Германия	357	644,4	-	-	1805
4	Индия	3287	2600	1287	49,5	790,9
5	США	9629	6506	4385	67,4	675,7
6	Китай	9597	4008		53,5 <sup>3</sup>	417,5
7	Канада	9985	1208	-	-	121,2
8	Австралия	7592	813,2	332,9	40,9	105,6
9	Россия	17098,2	983,4	730,8	78,5	54,4

Из таблицы 1 заметно, что Россия, среди всех других развитых стран, имеет наибольшую площадь территории страны, но занимает лишь девятое место по плотности автомобильных дорог на 1000 км<sup>2</sup> территории страны. Низкая обеспеченность России дорогами с твердым покрытием актуализирует изучение опыта развитых стран по решению дорожных проблем.

Опыт европейских стран показывает, что развитие дорожной сети и транспортной инфраструктуры определяет интенсивность экономических связей и является одним из важнейших условий развития экономики страны. Активный рост экономики государства может быть ограничен и даже остановлен инфраструктурными ограничениями, в основе которых лежит низкое качество дорог и низкая пропускная способность объектов дорожной сети (мостов, тоннелей).

В большинстве развитых стран, в том числе в Германии, Японии, США, формирование сети автомобильных дорог осуществлялось в рамках долгосрочных государственных программ, устанавливающих показатели развития дорожной сети и соответствующие этим показателям объемы финансирования. Евросоюз рассматривает вопросы формирования трансъвропейской дорожной сети и соответствующей транспортной инфраструктуры с возможностью интеграции в нее новых стран-членов ЕС. Приоритетные проекты развития дорожной сети финансируются за счет государства или при участии государства, в том числе в рамках проектов государственно-частного партнерства.

Важным достижением зарубежного дорожного строительства являются автобаны, или автомагистрали, то есть дороги, по своим эксплуатационным качествам предусмотренные для скоростного движения транспортных средств и имеющие одноуровневых пересечений в другими дорогами, железнодорожными и трамвайными путями, пешеходными и велосипедными дорожками.

С другой точки зрения, существенной особенностью автобанов является наличие не менее двух полос для движения в каждом направлении, наличие

между направлениями движения разделительной конструкции в виде барьера или другого строительного-технического сооружения аналогичного назначения, а также наличие в определенных местах широкой обочины для остановки транспортного средства в случае возникновения его неисправности или в ином непредвиденном случае, выезды и съезды автобана оборудованы полосами замедления и ускорения.

Германия занимает одно из первых мест в мире по плотности транспортной сети. Общая протяженность автомобильных дорог в этой стране превышает 11 тыс. км. В суммарном грузообороте Германии 60% приходится на перевозки автомобильным транспортом. В суммарном пассажирообороте Германии доля автомобильного транспорта составляет 90%. Система управления дорогами в Германии децентрализована: несмотря на наличие Министерства транспорта, вопросы содержания и эксплуатации автомобильных дорог находятся в ведении Дорожных администраций земель. Распределение компетенций в вопросе дорожного строительства между федеральным центром и администрациями земель таково: федеральный центр является владельцем и застройщиком дорог федерального значения, в том числе автобанов, администрации земель осуществляют функции подрядчиков строительства дорог федерального значения и административного управления ими. Региональные и местные дороги строятся и содержатся за счет регионального бюджета. В Германии на долю автобанов приходится более 30% общего объема передвижений автотранспортными средствами.

По мере распространения передового опыта Германии по строительству скоростных автомагистралей требования к ним, первоначально являвшиеся национальными требованиями в пределах Германии, получили распространение по всей территории Евросоюза и были дополнены новыми составляющими. В настоящее время в Европе предъявляются следующие основные требования к скоростным автомагистралям:

— не менее двух полос движения в одном направлении;



— полное разделение встречных и пересекающихся транспортных потоков в разных уровнях;

— наличие разделительной полосы шириной 3,5-4 м с разделительными не глухими ограждениями между встречными потоками движения;

— несущая поверхность полотна дороги в виде бетона с асфальтовым покрытием;

— оборудование дороги рефлекторными указателями, установленными с интервалами не более 50 м, зонами отдыха с парковками и туалетами, сервисными станциями, заправочными станциями, предприятиями общественного питания, телефонами для вызова помощи на каждые двух километрах дороги, стандартизированными знаками и указателями, защитными средствами, препятствующими доступу животных на проезжую часть, противозумовыми защитными сооружениями;

— обеспечение автоматизированного трафика и динамического определения рекомендуемой скорости движения транспортных средств в зависимости от загруженности дороги, погодных условий и иных объективных условий и обстоятельств.

Транспортная политика Германии определена комплексом нормативных документов, принятых на государственном уровне. Основу этого комплекса составляет концепция, которая детализируется стратегическими планами на период до 10 лет. В рамках стратегического плана разрабатываются тактические планы сроком на 5 лет. Выполнение тактических планов осуществляется путем реализации мероприятий оперативных планов, имеющих период планирования не более 1 года. Планы различного уровня включаются в качестве составной части в общую систему выработки и реализации транспортно-экономической политики государства на федеральном уровне, уровне земель, на муниципальном уровне.

Планирование и последующее строительство дорог в Германии осуществляется в соответствии с так называемым принципом гравитации, согласно которому «степень транспортных отношений прямо пропорциональна

объему экономической активности в различных пунктах и обратно пропорциональна сопротивлению пространства, то есть квадрату расстояния между ними».

В ряде стран Западной Европы строительство и ремонт дорог регламентируется специальными федеральными стандартами, описывающими общие положения, безусловно требуемые к исполнению. Эти стандарты действуют в комплексе с нормативными документами местного уровня, которые детализируют требования к работам по строительству дорог в соответствии со спецификой конкретной территории или административной единицы.

Аналогичная система федеральных и местных стандартов в отношении строительства автомобильных дорог действует и в США, которые являются мировым лидером по протяженности автомобильных дорог.

Федеральные стандарты выпускаются Федеральной Администрацией Шоссейных Дорог (FHWA — Federal Highway Administration), вместе с тем, на территории каждого штата действуют стандарты, создаваемые Департаментом Транспорта Штата (DOT – Department of Transport). Помимо формирования стандарта, DOT выступает в качестве заказчика работ по строительству дороги, осуществляет приемку дороги у подрядной организации и берет на себя полную ответственность за эксплуатацию дороги и ее ремонт. При этом в практике и нормативной документации отсутствует понятие «гарантийный срок» в отношении дорожных работ. Поскольку DOT в полном объеме отвечает за эксплуатацию дороги, и, соответственно, несет риски на случай низкого качества проектных и строительных работ, проявляющиеся в высоких затратах на ремонтные работы, DOT имеет мотивацию к созданию жестких стандартов, содержащих высокий уровень требований к материалам, технике и технологии, используемых в ходе строительства дороги, а также устанавливает порядок процедуры по оценке качества дороги, принимаемой в эксплуатацию, которая включает в себя обязательное тестирование показателей, влияющих на срок службы дороги в целом, и показателей, характеризующих качество дорожного

покрытия, то есть влияющих на срок службы дорожного покрытия. Ключевым показателем, тестируемым в ходе оценки качества дорожного покрытия, является его ровность и плотность, которая обеспечивается, в первую очередь, отсутствием сегрегации смеси по температуре и ее фракционному составу. Как показали исследования, высокая ровность покрытия дороги снижает отрицательное влияние динамических нагрузок от колес автомобилей на дорожное покрытие, и, следовательно, ведет к увеличению продолжительности межремонтных сроков.

При установлении параметров для тестирования безусловно присутствует понимание взаимосвязи качества материала, используемой технологии и применяемой техники. Таким образом, через показатели тестируемых параметров прослеживается соблюдение требований на всех уровнях материально-технического обеспечения и технологического уровня исполнения работ по строительству дороги. Например, предусмотрено использование перегружателей асфальтобетонной смеси, которые должны обеспечивать безостановочную укладку дорожного покрытия с постоянной скоростью, и соблюдение этого технико-технологического требования обеспечивает ровность дороги; низкие показатели качества дороги по показателю ровности свидетельствуют о нарушении технологии строительства.

Законодательством штатов в США, как правило, предусмотрены как ответственность за невыполнение требований к качеству дороги, в том числе и в случае незначительного снижения показателей, характеризующих качество, так и поощрение за превышение нормативных требований показателей качества дорог. В качестве поощрения предусмотрено дополнительное финансовое вознаграждение в размере повышенного процента стоимости выполненного контракта. В качестве ответственности за невыполнение требований качества подрядчик обязан произвести за свой счет работы по повторному покрытию участка дороги или осуществить возврат денежных средств в размере стоимости работ на повторное покрытие дороги и устранение дефектов.

На внедрение системы качества оказывает влияние широкий круг факторов, в том числе специфика потребностей организации, конкретные задачи, стоящие перед данной организацией, специфика поставляемой продукции или услуг, применяемые технологические процессы, практический опыт.

В мире все большее развитие получает опыт строительства автомагистралей на принципах государственно-частного партнерства (ГЧП). Анализ международного опыта использования механизма ГЧП позволяет с оптимизмом говорить о перспективах реализации инвестиционных проектов по созданию дорожной инфраструктуры. В первую очередь это относится к системе платных автомагистралей. “Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года” определила масштабную программу развития сети автомобильных дорог, в реализации которой важная роль отведена проектам ГЧП. Как показывает зарубежный опыт, строительство и внедрение сети платных автомобильных дорог, мостов, путепроводов и тоннелей в Российской Федерации окажет позитивное влияние на экономическое и социальное развитие страны. Повысится деловая активность и уровень занятости населения. При этом следует учитывать, что подвижность населения России почти в 2,5 раза ниже, чем в развитых зарубежных странах, поскольку отсутствие опорной транспортной сети на всей территории страны препятствует развитию единого экономического пространства и росту личной мобильности. Выравниванию экономического развития субъектов Российской Федерации препятствует значительная региональная неравномерность в развитии транспортной сети. Наиболее существенны различия между европейской частью России, с одной стороны, и регионами Сибири и Дальнего Востока - с другой. Кроме того, при наличии узких мест в коммуникациях развитых центральных районов и крупных городов около 28 тыс. населенных пунктов, в которых проживают более 12 млн. чел., не имеют круглогодичного доступа к основным наземным коммуникациям. Рост личной мобильности граждан, развитие малого и среднего бизнеса, которые в рыночных условиях

невозможны без высокого уровня автомобилизации страны, сдерживаются недостаточным развитием сети автомобильных дорог.

## **1.2 Распространенность применения стабилизации грунтов в России**

Перед дорожной отраслью РФ остро стоят задачи, направленные на дальнейшее развитие сети федеральных, региональных и сельскохозяйственных дорог, которые должны привести к ускорению роста экономики страны, улучшению качества жизни населения, увеличению их мобильности, снижению транспортных издержек. Необходимо более активно внедрять лучшие мировые и отечественные инновационные решения. При этом особенно актуально использовать такие технологии, которые позволяют решить проблемы уменьшения стоимости и сокращения сроков строительства дорог при одновременном повышении их надежности и обеспечении всесезонности эксплуатации.

Одним из таких направлений, позволяющим успешно решать стоящие перед страной инфраструктурные задачи, является технология стабилизации и укрепления грунтов, которая находит все более широкое распространение в мире. Для этих целей используется достаточно большая группа поверхностно-активных веществ (ПАВ) – стабилизаторов грунтов на органической, щелочной и кислотной основе, смолы, полимерные стабилизаторы грунтов.

Отечественное дорожное строительство основывается на применении инертных материалов (песок, щебень) и полностью зависит от их наличия в том или ином регионе, так как именно они предполагают использование типовых конструкций дорожных одежд для строительства и ремонта объектов транспортной инфраструктуры. Но такой подход ведет к увеличению стоимости строительства и ограничению возможности создания широкой сети автомобильных дорог в достаточно сжатые сроки, так как во многих регионах нашей страны эти материалы отсутствуют или имеются в ограниченных количествах. При этом очень часто местные грунты совершенно непригодны

для использования в дорожном строительстве, а доставка инертных материалов, особенно качественного щебня, к месту производства дорожно-строительных работ ведет к удорожанию этих материалов в несколько раз. Одним из решений данной проблемы наряду с использованием традиционных технологий могло бы стать более широкое применение при строительстве и ремонте дорог технологии стабилизации и укрепления местных грунтов.

В дорожной технической литературе и практике часто пользуются термином «местные материалы», учитывая при этом важную особенность и преимущество их использования в дорожном строительстве. Эти материалы не требуют дальних перевозок автомобильным или железнодорожным транспортом. К местным, а, следовательно, доступным для применения и дешевым материалам, подвергаемым укреплению вяжущими и другими материалами, следует относить как повсеместно залегающие, широко распространенные природные грунты различного состава, так и твердые обломочные отходы производства, и некондиционные каменные материалы, называемые искусственными (техногенными) грунтами в соответствии с ГОСТ 25100-95.

Предполагается, что применение в дорожных конструкциях слоев из укрепленных местных грунтов вместо устройства конструктивных слоев из привозных инертных материалов приводит к снижению стоимости строительства дорог на 10–30 %. Важно отметить, что укрепленные местные грунты можно эффективно использовать при строительстве дорог I–V технических категорий и аэродромов. При этом на дорогах I–II технических категорий укрепленные грунты, как правило, используют в качестве нижних слоев оснований, а на дорогах III–V категорий они могут быть применены также и при устройстве верхних слоев оснований и покрытий.

Современные ПАВ-стабилизаторы грунтов уже много лет успешно применяют в США, Германии, Голландии, ЮАР, Австралии, Канаде и других странах. В последнее время на эту технологию обратили внимание и отечественные специалисты, ее начали активно применять при строительстве

автомобильных дорог, аэродромов, паркингов и других промышленных объектов.

ПАВ-стабилизаторы представляют собой широкий класс разных по составу и происхождению веществ, которые в малых дозах положительно влияют на формирование свойств дорожно-строительных материалов как за счет активизации физико-химических процессов, так и за счет оптимизации технологических процессов. Эти вещества могут использоваться почти на всех технологических этапах в дорожном и аэродромном строительстве, начиная от сооружения земляного полотна и заканчивая строительством конструктивных слоев оснований и покрытий дорожных одежд. Стабилизаторы связных (глинистых) грунтов могут различаться по происхождению, свойствам, но их объединяет то, что они увеличивают плотность, влагостойкость и морозостойкость грунтов, снижают степень пучинистости обработанных стабилизатором грунтов. Каждый конкретный стабилизатор имеет индивидуальное название, отражающее специфику страны-производителя и особенности применения.

Отличительной особенностью применения ПАВ-стабилизаторов является изменение гидрофильной природы глинистого грунта на гидрофобную. Поэтому для обеспечения стабилизации связных грунтов необходимо знание основ процессов гидрофобизации, которые представляют собой изменение природы поверхности минеральных частиц воздействием на грунт небольшими дозами поверхностно-активных веществ. Физическая ее сущность заключается в том, что смачиваемость или несмачиваемость грунта находится в зависимости от кристаллической структуры его минералов, характера их межпакетных и межмолекулярных связей.

Одной из наиболее характерных особенностей глинистых грунтов является их способность поглощать вещества из окружающего раствора или суспензии. В зависимости от способа поглощения веществ, различают несколько видов поглотительной способности глинистых грунтов: механическую, физическую, физико-химическую, химическую и

биологическую. Для стабилизации глинистых грунтов важны физическая, физико-химическая и химическая поглотительные способности.

Обработка грунтов только ПАВ-стабилизаторами или совместно с другими добавками (органические и неорганические вяжущие, скелетные материалы и т. д.) позволяет почти без ограничения использовать местные, как правило, глинистые грунты в конструктивных слоях дорожных одежд. Применение технологии стабилизации и укрепления грунтов с использованием ПАВ-стабилизаторов, кроме того, обеспечивает более высокую несущую способность оснований по сравнению с традиционными решениями, что, в свою очередь, ведет к увеличению межремонтного срока эксплуатации дорог.

Можно сделать вывод, что технология стабилизации и укрепления грунтов является идеальным решением для создания современной транспортной инфраструктуры в нашей стране, позволяющим не только обеспечить необходимую несущую способность оснований дорожных одежд, но и в большинстве случаев минимизировать затраты, сроки выполнения работ и потребность в инертных материалах.

### **1.3 Опыт применения новых разработок в Новосибирске и Новосибирской области**

В данной работе рассматривается внедрение инновационного продукта для стабилизации грунтов «ANT» в деятельность ГКУ НСО ТУАД по обустройству дорог на территории Новосибирской области.

Эффективное развитие дорожного хозяйства и переход на более высокий уровень качества автомобильных дорог возможно только с применением прогрессивных технологий, новых материалов и современного оборудования в дорожном хозяйстве. В последние годы многие из них применяются на территориальных дорогах Новосибирской области, в том числе:

– восстановление старой «дорожной одежды» методом холодной регенерации.



Технология холодной регенерации конструктивных слоев дорожной одежды заключается в измельчении покрытия и введением в образовавшийся асфальтогранулят вяжущего и, если требуется, других добавок. Затем все компоненты перемешиваются, распределяются и уплотняются. Метод хорош тем, что в нем используется материал старой дорожной одежды, что особенно актуально в условиях значительного недоремонта и дефицита финансовых средств. Технология применялась на объекте «203 км а/д «К-17р»-Каргат» Каргатского района и на а/д «9 км а/д «Н-0804»-Тальменка» Искитимского района, К-10 – Санаторий В Краснозерском районе);

- заделка повреждений асфальтобетонных покрытий струйно-инъекционным методом пломбировщиком БЦМ-24.

Этот метод позволяет заделывать повреждения по фактическим размерам, не нарезая ремонтные карты. Преимущество данной технологии в том, что работы можно проводить при высокой интенсивности движения автотранспорта и высокой скорости выполнения работ. Минерально-эмульсионная смесь не требует укатки, твердение смеси происходит при распаде битумной эмульсии в течении 10-15 минут);

- ямочный ремонт с использованием литого асфальтобетона на территориальных дорогах Новосибирской области.

Литая асфальтобетонная смесь обладает повышенной пластичностью, не требует уплотнения. Доставка литой смеси к месту производства осуществляется в специальном термосе-миксере);

- устройство защитного слоя износа из литых эмульсионно-универсальных смесей.

Позволяет защитить покрытие от разрушения под воздействием негативных природно-климатических факторов, а также повысить сцепные качества покрытия. Применялось на а/д «Новосибирск-Кочки-Павлодар»;

- устройство покрытия из холодных битумоминеральных смесей с модификатором битума.

Этот метод позволяет за счет толстой пленки гелеобразного битума замедлить сроки его старения, тем самым увеличить срок службы покрытия. Укладку битумоминеральных смесей МАК при ямочном ремонте выполняют без ограничения температурных и влажностных условий производства работ. Применялось на а/д «Новосибирск- Кочки-Павлодар» и а/д «Советское шоссе»; – стабилизация грунтов основания стабилизаторами.

Применение стабилизаторов грунтов позволяет решить главную проблему-состояние дорог, быстро, экономично и качественно. Так из 419 населенных пунктов Новосибирской области, 226 не имеют устойчивого транспортного сообщения с железнодорожными станциями, районными и областными центрами.

Основными причинами несоответствия дорог требованиям безопасности движения, является износ существующего покрытия на отдельных участках дорог более чем на 80%, вследствие многократного превышения межремонтных сроков с потерей несущей способности основания, а так же наличие грунтовых дорог. Приведение в нормативное состояние таких дорог, возможно только в рамках проведения работ по реконструкции, капитальному ремонту и ремонту дорог, в случае выделения целевого финансирования, в соответствии с Законом о бюджете Новосибирской области.

Учитывая многократное превышение межремонтных сроков и хронический недостаток средств на выполнение дорожно-строительных работ, единовременно ликвидировать все имеющиеся недостатки дорог Новосибирской области не представляется возможным, в связи с чем одной из основных задач в настоящий момент является сохранение существующей сети автомобильных дорог.

Общая сеть автомобильных дорог составляет - 12 770.110 км, в том числе – 2 457.067 км грунтовых дорог, что составляет – 19,24%.

Ежегодное уменьшение сети грунтовых дорог по годам составляет:

2012г. – 45,236 км., 2013г. - 59,666 км, 2014г. - 84,162км, 2015г. - 40,865 км, 2016г. - 40,627 км. Т.е. среднее сокращение количества грунтовых дорог в

натуральном выражении составило 54.111 км – или 2,2% от сети грунтовых дорог. При таких темпах работ потребуется более 45 лет для перевода всей сети грунтовых дорог в твердое покрытие.

Для оптимизации затрат на строительство, капитальный ремонт и ремонт автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения ГКУ НСО ТУАД разработаны:

– СТО ТУАД 01-2009 «Технические требования к параметрам автомобильных дорог и искусственных сооружений на них, проектируемых за счет средств бюджета Новосибирской области»;

– СТП ТУАД 32-03-2000 «Расчетные значения характеристик глинистых грунтов земляного полотна»;

– СТО ТУАД 09-2010 «Проектирование и строительство оснований дорожной одежды и рабочего слоя земляного полотна с применением стабилизаторов грунтов».

В сентябре 2015 г. уже Министерством транспорта РФ был утвержден и зарегистрирован Росстандартом свод правил СП 234.1326000.2015 «Проектирование и строительство дорог с низкой интенсивностью движения»

Данные отраслевой документ, позволят более эффективно использовать ограниченные финансовые ресурсы, строить дороги 4–5 технических категорий с интенсивностью движения до 400 автомобилей в сутки с меньшими геометрическими параметрами и меньшими расчетными нагрузками для искусственных сооружений. По расчетам разработчиков, новый документ даст возможность строить на 25-30% более дешевые дороги.

Кроме этого, в целях удешевления стоимости работ наиболее часто применяются различные прогрессивные технологии, такие как технология холодного ресайклинга и применения различных стабилизаторов грунтов.

Далее рассмотрим наиболее часто применяемые стабилизаторы грунтов при строительстве дорожной одежды в НСО.

## **2 Техническое обоснование применения инновационного продукта «ANT» в области дорожного строительства**

### **2.1 Область и условия применения стабилизаторов грунта**

Асфальтобетонное покрытие, устроенное на некачественном основании, отражает все его дефекты, добавляя со временем свои собственные (выбоины, колеи и т.д.). Если не отремонтировать основание или его не усилить до укладки асфальтобетона, все его дефекты проявятся на поверхности проезжей части. Между тем в России повсеместно строят дороги с относительно слабым основанием, укладывая под асфальтобетон уплотненный щебень.

Наряду с этим сегодня уже опробована и хорошо зарекомендовала себя при строительстве дорог низкочувствительная технология укрепления местного грунта стабилизаторами.

Стабилизатор – поверхностно-активная добавка, применяемая для изменения физико-химических и механических свойств грунтов и материалов.

Укрепление грунтов (стабилизация) – вся совокупность мероприятий (подготовка грунта, внесение добавок, перемешивание, уплотнение и обеспечение условий формирования структурно-механических свойств укрепленного грунта), обеспечивающих в конечном итоге коренное изменение свойств исходных материалов с приданием им требуемой соответствующими стандартами прочности, водо- и морозостойкости.

Для устройства слоев земляного полотна и оснований дорожных одежд из стабилизированных грунтов применяют осадочные нецементированные крупнообломочные и песчаные грунты, супеси всех разновидностей, а при укреплении методом смешением на дороге – лёгкие суглинки, подвергаемые при необходимости предварительному рыхлению. Возможность укрепления тяжелых суглинков и глин зависит от наличия средств механизации, которые могут обеспечить размельчение этих грунтов, равномерное распределение в них активных добавок. Разрешается также применять песчано-гравийные,

песчано-щебеночные, песчано-гравийно-щебеночные смеси и пески с содержанием не менее 15 % по массе пылеватых и глинистых частиц. Пригодность грунтов для укрепления их стабилизатором устанавливается на основании лабораторных испытаний в соответствии с требованиями ГОСТ 5180-84.

Результаты анализа ранее проведенных исследований и опыта уже реализованных на территории РФ проектов с использованием стабилизаторов (как в однокомпонентном, так и в двухкомпонентном варианте) показывают, что они:

- увеличивают несущую способность основания дорожных одежд;
- повышают модуль упругости конструктивного слоя на 10–20%;
- уменьшают затраты на земляные работы и работу машин и механизмов;
- уменьшают количество используемого щебня и песка;
- сокращают сроки производства работ, обеспечивают высокую технологичность дорожно-строительных работ и дают ощутимый экономический эффект.

Стабилизаторы грунтов допустимо применять при строительстве, ремонте и капитальном ремонте автодорог III-V категории в основании дорожной одежды и рабочем слое земляного полотна, а так же на автодорогах I и II категории в рабочем слое земляного полотна в качестве меры увеличивающей морозоустойчивость. Ограниченность применения связана с более высокими требованиями коэффициента надежности для дорог более высоких категорий и большими нагрузками на дорожную одежду.

Для обработки стабилизаторами используются следующие типы грунтов:

- супесь пылеватая с числом пластичности от 1 до 7;
- суглинки легкие песчаные и пылеватые с числом пластичности от 7 до 12;
- суглинки тяжелые песчаные и пылеватые с числом пластичности от 12 до 17.
- глины песчаные и пылеватые с числом пластичности от 17 до 27.

Перечисленные типы грунтов могут быть использованы без внесения гранулометрических добавок. Все другие глинистые грунты могут быть использованы только после внесения гранулометрических добавок, содержащих необходимое количество глинистых частиц. Количество добавок определяют на основании лабораторных исследований.

Песчаные грунты можно применять после введения добавок глинистого или суглинистого грунта в количестве, обеспечивающем получение смеси с числом пластичности от 7 до 12.

Глинистые грунты с числом пластичности от 12 до 27 до введения активных минеральных добавок необходимо размельчить до максимальной крупности комков не более 5 мм.

### **2.3 Предлагаемая для внедрения инновация стабилизатор грунта «АНТ»**

Данный продукт был изобретен ООО «АНТ-Инжиниринг» в 2010 году. На сегодняшний день на территории России и за ее пределами построено более 150 км автодорог различных категорий. Автомобильные дороги, построенные с применением технологии «АНТ», эксплуатируются во всех климатических зонах: от пустыни до полярного круга.

Основным элементом технологии является препарат «Стабилизатор грунтов и органоминеральных смесей «АНТ» (англ. – «муравей»). Применяется как самостоятельно при стабилизации грунта, так и совместно с неорганическими или органическими вяжущими при укреплении.

Стабилизатор грунта «АНТ» является российским продуктом и производится в г. Волжском, Волгоградской области. Является комплексным органическим препаратом. Его действие направлено на проведение в грунте окислительно-восстановительных реакций. Производит направленную окислительную реакцию путем воздействия молекулярным кислородом на поверхность частицы грунта, а также в цементе (в случае использования).

Вследствие этого происходит образование новых окислов химических элементов, содержащихся в грунте. Затем, присоединенный ранее кислород отделяется, и происходит обратная восстановительная реакция, что приводит к образованию новых кристаллических соединений в грунте между его частицами. Эта реакция полностью повторяет процессы образования осадочных пород в земной коре.

Кроме того, стабилизатор содержит в своем составе поверхностно-активные вещества, что позволяет достичь максимального коэффициента уплотнения грунта, а, следовательно, получение материала с меньшим наличием капилляров. Это позволяет значительно понизить водопоглощение стабилизированных и укрепленных грунтов.

Можно выделить пять основных преимуществ продукта стабилизатор грунта «ANT».

Первым преимуществом являются высокие физико-механические показатели. Грунты, укрепленные с применением Стабилизатора «ANT», обладают высокими физико-механическими показателями и полностью соответствуют требованиям ГОСТ 23558-94 «Смеси щебёночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства».

Вторым преимуществом является малый расход, а также его низкая сметная стоимость. Расход составляет 0,007% от массы грунта. При проведении дорожно-строительных работ требуется 1л на 7,5 м<sup>3</sup> будущего слоя. Для строительства 1 км автодороги IV– V категории, т.е. устройства 6000м<sup>2</sup> слоя укрепленного грунта, толщиной 15см, расход стабилизатора составит 120 литров, сметная стоимость соответственно 312 000 рублей или 52 руб./м<sup>2</sup>.

Следующим преимуществом является упрощение процессов стабилизации и укрепления грунтов. А именно отсутствие ухода за укрепленными грунтами, возможность возобновления движения автотранспорта сразу после уплотнения слоя, отсутствие необходимости устройства деформационных швов.

Четвёртым преимуществом является возможность использования Стабилизатора грунта «ANT» как самостоятельно, так и совместно с неорганическими и органическими вяжущими. При использовании Стабилизатора совместно с цементом, прочностные свойства укрепленных грунтов повышаются более чем на 30% относительно контрольных образцов без него.

При применении совместно с битумными эмульсиями или вспененным битумом, происходит лучшее распределение вяжущего по всему объему грунта, повышение адгезии частиц вяжущего с грунтом и последующее повышение показателей физико-механических свойств укрепленных грунтов.

Пятым преимуществом является полная экологическая безопасность. Стабилизатор «ANT» не оказывает какого-либо отрицательного воздействия на окружающую среду и является 100% экологически безопасным. При проведении дорожно-строительных работ не требуется обеспечение технического персонала дополнительными средствами защиты. Также он не оказывает отрицательного воздействия на узлы машин и механизмов.

Самостоятельно стабилизатор «ANT» может применяться при стабилизации глинистых грунтов (супеси, суглинки, глины). Стабилизированные грунты могут применяться для стабилизации подошвы или рабочего слоя земляного полотна, а также устройства нижних слоев оснований.

Для получения укрепленных грунтов необходимо добавление цемента в количестве 2%-5% от массы грунта. Норма расхода цемента зависит от типа грунта, климатической зоны и требуемых прочностных свойств укрепленного грунта. Для проведения работ возможно использование супесей, суглинков, песчано-гравийных смесей, слабопрочных каменных материалов, отходов дробления каменных материалов и бетона.

Стабилизатор грунта «ANT» используют в виде водного раствора. Требуемое количество воды рассчитывают, исходя из естественной влажности грунта и оптимальной при уплотнении. Также предусматривают поправку по количеству воды на климатические условия, тип грунта, количество



используемого цемента и др. На практике, коэффициент растворения стабилизатора с водой колеблется от 1:250 до 1:1000.

### **2.3 Сравнительный анализ физико-механических показателей грунтов с применением предлагаемого стабилизатора и его аналогов**

В настоящее время в Новосибирской области идет активное использование технологии «Perma-Zyme» и «Underbold» в строительстве автодорог.

Перейдем к рассмотрению наиболее часто применяемых стабилизаторов грунтов при строительстве дорожной одежды.

Одной из самых применяемых добавок является стабилизатор Дорожные ферменты (Perma-Zyme)– ферменты, полученные на основе переработки отходов пищевого производства (сахарной свеклы), представляет собой жидкость коричневого цвета и используется в разбавленном виде. Фермент предназначен для строительства дорог, аэродромов, отвалов, дна и бортов водоёмов и стабилизации грунта без использования гравия, асфальта или бетона. Perma-Zyme полностью изменяет свойства грунтовых материалов, заставляя грунт "спекаться" в процессе сжатия (трамбовки) в плотную долговременную основу, устойчивую к проникновению воды, непогоде и износу.

Следующей добавкой является Underbold– стабилизатор грунтов, представляющий собой жидкое органическое соединение. Место производства - Украина. Стабилизатор пластифицирует смесь и увеличивает сопротивляемость обрабатываемого грунта агрессивным воздействиям, обеспечивает влагонепроницаемость приготовленной смеси посредством тонкого распределения влагоотталкивающих частиц.

Так как стабилизаторы Perma- Zyme и Underbold в Новосибирской области применяются довольно давно и на участках различного типа. Например, на таких участках как на а/д «Каргат-Маршанское»

Каргатского района иа/д «1234 км а/д «М-51»-Крещенское» Убинского района. Каждое применение технологии сопровождалось лабораторными исследованиями физико-механических свойств грунтов обработанных стабилизатором.

Грунт этого участка дорог представляет собой легкую глину, пылеватую, насыщенную водой. Для улучшения гранулометрического состава грунта в них был добавлен песок природный ООО «Сибирского песчаного карьероуправления» (с.Криводановка).

На а/д «1234 км а/д «М-51»-Крещенское» Убинского района испытания проводились на образцах следующего состава:

– грунт с добавлением 50% песка, 4% портландцемента М 400 от массы грунта и стабилизатора «Perma-Zyme»;

– грунт с добавлением 50 % песка и 4 % портландцемента М 400.

На а/д «Каргат-Маршанское» Каргатского района испытания проводились на образцах следующего состава:

– грунт с добавлением 30% песка, 4% портландцемента М 400 от массы грунта и стабилизатора «Underbold»;

– грунт с добавлением 30 % песка и 4 % портландцемента М 400.

При проведении испытаний образцов из укрепленного грунта марки I с добавлением 4% портландцемента М 400 от массы грунта и стабилизаторов «Perma-Zyme» и «Underbold» от массы грунта через 14 суток были получены следующие результаты, представленные в таблице 2 и 3. Испытания проводились по таким показателям как предел прочности на сжатие, модуль упругости и предел прочности на сжатие водонасыщенных образцов.

Таблица 2 – Результаты испытаний образцов из укрепленного грунта со стабилизатором Perma-Zyme

Физико-механические показатели	Для укрепленного грунта марки I согласно СТО 60929601.003-2012	Грунт+песок+4% портландцемента + Perma-Zyme	Грунт+песок+4% портландцемент
а/д «1234 км а/д «М-51»-Крещенское» Убинского района			
Предел прочности на сжатие при 20°С, МПа	не менее 4	5,0	3,9
Модуль упругости при 20°С, МПа	не менее 800	898	885
Предел прочности на сжатие водонасыщенных образцов, МПа (полное водонасыщ)	не менее 2,0	1,95	1,2

В таблице 3 представлены результаты испытаний образцов из укрепленного грунта на участке а/д «Каргат-Маршанское» Каргатского района со стабилизатором «Underbold».

Таблица 3 – Результаты испытаний образцов из укрепленного грунта со стабилизатором «Underbold»

Физико-механические показатели	Для укрепленного грунта марки I согласно СТО 60929601.003-2012	Грунт+песок 30%+4% портландцемента + Underbold	Грунт+песок 30%+4% портландцемент
а/д «Каргат-Маршанское» Каргатского района			
Предел прочности на сжатие при 20°С, МПа	не менее 4	5,3	4,5
Модуль упругости при 20°С, МПа	не менее 800	810	675
Предел прочности в водонасыщенном состоянии, МПа (полное водонасыщение)	не менее 2,0	1,52	1,2

Из таблиц 2 и 3 можно сделать вывод, что стабилизаторы Perma-Zyme и Underbold значительно увеличивают физико-механические свойства грунтов. Практически все показатели соответствуют СТО 60929601.003-2012. Такой показатель как модуль упругости при 20 градусах со стабилизатором Underbold не соответствует СТО.

Отделом контроля качества ГКУ НСО ТУАД испытания такого стабилизатора как ANT не проводились. Рассмотрение таких характеристик, как предел прочности, модуль упругости и предел прочности в водонасыщенном состоянии рассмотрим на участке другой дороги, схожей по характеристикам с а/д «1234 км а/д «М-51»-Крещенское» Убинского района и а/д «Каргат-Маршанское» Каргатского района. Такими же свойствами обладает грунт а/д Улан-Удэ - Турунтаево - Курумкан - Новый Уоян км 315 км 325. Испытания проводились независимыми лабораториями. Результаты проведенной экспертизы можно увидеть в таблице 4.

Таблица 4 - Результаты экспертизы характеристик грунта с применением стабилизатора грунта «ANT»

Характеристика	Слой с ANT	Слой без стабилизатора
	Среднее значение параметров	Среднее значение параметров
Номенклатура грунта	Глина легкая, пылеватая, твердой и полутвердой консистенции, насыщенная водой	
Плотность сухого $\rho^d$ , г/см <sup>3</sup>	1,66	1,63
Влажность W	0,23	0,22
Коэффициент пористости e	0,657	0,687
Относительное набухание, %	0,8	1,7
Относительное морозное пучение, %	2,6	4,2
Предел прочности на сжатие при 20°С, МПа	6,0	3,9
Модуль упругости при 20°С, МПа	908	885
Предел прочности в водонасыщенном состоянии, МПа (полное водонасыщение)	2,15	1,0

Как можно увидеть из таблицы 4, такие показатели как предел прочности на сжатие при 20° С, относительное набухание и предел прочности в водонасыщенном состоянии увеличились практически вдвое при воздействии на грунт стабилизатором грунта «ANT».

При пучении и последующем оттаивании грунтов в весенне-летний период резко изменяются их физико-механические свойства, повышается их водопроницаемость и сжимаемость. Это приводит к неравномерным просадкам земляного полотна дорог, сопровождается разжижением и выплеском грунта, образованием бугров выпирания, смещением откосов и кюветов и, естественно быстрым разрушением дорожного покрытия под влиянием механического воздействия проходящего транспорта. Из этого следует, что при использовании данного стабилизатора можно вдвое увеличить долговечность дорожного покрытия.

Капитальный ремонт дороги происходит раз в 8-13 лет. Таким образом, при увеличении вдвое таких показателей, как водонасыщаемость, морозопучение и модуль упругости, срок эксплуатации данного дорожного покрытия может увеличиться вдвое. Из этого следует, что при единовременном применении стабилизатора грунта ANT экономия на капитальном ремонте дороги составит порядка 5-6 млн. рублей.

### **3 Экономическая эффективность внедрения стабилизатора грунта «ANT» при капитальном ремонте дороги**

#### **3.1 Сравнительный анализ стоимостных показателей стабилизаторов грунтов**

Рассмотрим представленные стабилизаторы по такому критерию как расход на массу грунта:

- стабилизатор «Perma-Zyme» рекомендуется применять из расчета 1,0 л стабилизатора на 6 м<sup>3</sup> грунта;
- стабилизатор «Underbold» рекомендуется применять из расчета 1,0 л стабилизатора на 6 м<sup>3</sup> грунта;
- стабилизатор «ANT» рекомендуется применять из расчета 1,0 л стабилизатора на 7,5 м<sup>3</sup> грунта.

Все представленные стабилизаторы грунтов поставляются в виде жидкого концентрата и вносятся в грунт разбавленными водой.

Исходная влажность необработанного грунта перед укреплением должна быть меньше оптимальной (при необходимости грунт надо просушить). Это необходимо для того, чтобы была возможность довести его до состояния оптимальной влажности введением водного раствора стабилизатора.

Влажность обработанного грунта перед уплотнением должна быть приближена к оптимальной, определенной при увлажнении материала не водой, а водным раствором стабилизатора, так как фермент снижает поверхностное натяжение воды и уменьшает количество воды, требуемое для достижения оптимальной влажности.

В приведенной ниже таблице 5 рассмотрим необходимое количество стабилизатора для строительства 1 км автодороги I– V категории, т.е. устройства 8 000 м<sup>2</sup> слоя укрепленного грунта, толщиной 15 см.

Таблица 5- Показатели расхода стабилизатора и стоимость на м<sup>2</sup> обработанного грунта

Наименование стабилизатора	Расход стабилизатора на 8 000 м <sup>2</sup> , л	Соотношение кол-ва стабилизатора к кол-ву воды, доли	Полная стоимость стабилизатора за 8 000 м <sup>2</sup> , руб.	Стоимость стабилизатора на м <sup>2</sup> , руб.
«Perma-Zyme»	37	1: 1 000	825 282	103,1
«Underbold»	1 649	–	2 929 500	366
«ANT»	160	1: 500	416 000	52

Из таблицы 5 следует, что наиболее низкая стоимость м<sup>2</sup> обработанного грунта у стабилизатора «ANT». Так же у этого стабилизатора более экономный расход воды для смешивания с грунтом (около 80000 литров). Наименьший расход в литрах у стабилизатора «Perma-Zyme».

Критерием (главным показателем) эффективности, по нашему мнению, может служить полная стоимость стабилизатора для строительства 1 км автодороги I– V категории, т.е. устройства 8 000 м<sup>2</sup> слоя укрепленного грунта, толщиной 15 см. Здесь картина полностью в пользу «ANT». Экономия составляет по сравнению с «Perma-Zyme» почти в два раза, а по сравнению с «Underbold» в 6 раз. Таким образом, использование стабилизатора «ANT» представляет так же и экономический интерес, ведь одной из целей использования стабилизатора грунтов как раз и является удешевление дорожной одежды без потери качества.

### **3.2 Сравнительные экономические показатели предлагаемой модели на примере капитального ремонта участка дороги**

Дороги сегодня испытывают большие нагрузки, и как бы бережно она не эксплуатировалась, ремонт дороге нужен регулярно. Дороги очень сильно отличаются по качеству, в зависимости от качества материалов, которые были использованы при асфальтировании дорог, от нагрузки, в какое время года велось строительство дорог. Выбоины, канавы и ямы, возникают ежегодно.

Свои особенности накладывает наш сибирский климат. Трещины, появляющиеся в новом дорожном полотне - совсем не обязательно результат плохого качества строительства дорог. Большое влияние оказывает климат - снежно-ледяные зимы с оттепелями. Даже самая маленькая трещинка на асфальте, образовавшаяся осенью, к весне станет ощутимой трещиной. И все из-за физических свойств воды, которая при замерзании резко расширяется в объеме тем самым, расширяя трещины и портя недавно гладкое дорожное полотно. Конечно, асфальтирование, ремонт дорог и строительство дорог должны проводиться с учетом этих особенностей, но такие разрушения все равно неизбежны.

Капитальный ремонт дорог состоит в полном восстановлении и повышении транспортно - эксплуатационного состояния дорог до уровня, позволяющего обеспечить нормативные требования в период до очередного, при интенсивности движения, соответствующей расчетной для данной категории автотрассы, при превышении которой необходима реконструкция с переводом в более высокую категорию.

Критерием для назначения является такое транспортно - эксплуатационное состояние автотрассы, при котором прочность дорожной одежды снизилась до предельно допустимого значения, что невозможно или экономически нецелесообразно приводить их в соответствие с указанными требованиями с помощью работ по ремонту и содержанию.

Капитальный ремонт дорог, как правило, должен производиться комплексно по всем сооружениям и элементам дороги на всем протяжении ремонтируемого участка дороги. Допускается при соответствующем обосновании проведение выборочного ремонта отдельных участков и элементов дорог, а также дорожных сооружений.

Капитальный ремонт дороги выполняется в соответствии с разработанной и утвержденной в установленном порядке проектно- сметной документацией.

Проект на ремонт автомобильной дороги рассчитывается для Н-2131 от 29 км автомобильной дороги «К-19р» до «Жеребцово». Проектируемый участок



расположен в Новосибирском районе и имеет статус дороги четвертой технической категории, класс дороги – дорога обычного типа. Начало участка ремонта ПК 0+00,00 соответствует км 0+00,0 существующего эксплуатационного километража автомобильной дороги Н-2131, конец участка ремонта – ПК 71+11 соответствует км 7+111 существующего эксплуатационного километража.

В пределах рассматриваемого района развиты среднечетвертичные и современные четвертичные отложения. Среднечетвертичные отложения представлены суглинками. Покрытие на дороге устроено из щебня толщиной 18 см на основании из супеси толщиной 20 см. На покрытии имеются отдельные выбоины через 8 -10 метров. Ширина покрытия 6 м, обочины укреплены, их ширина составляет 0,5 м. По результатам обследования данного участка дороги был определен основной дефект верха земляного полотна – колейность, при средней глубине колеи 50 – 70 мм.

Из вышеизложенного следует вывод: общее техническое состояние существующей дороги не отвечает требованиям движения и поэтому требуется её ремонт с усилением существующего покрытия, земляного полотна и укрепления обочин.

Основным видом предлагаемых нами работ на участке будет замена слоя земляного полотна и замена слоя из щебня по способу заклинки.

Рассмотрение экономической эффективности будет происходить на примере капитального ремонта участка дороги двумя способами: без применения стабилизации грунта и со стабилизатором грунта «ANT».

Технологическая последовательность ремонтных работ составлена исходя из требований СНиП 3.06.03-85. Объемы и состав ремонтных работ приведены в таблице 6 и 7.

Ниже в таблице 6 приведен объем и состав работ по первому способу капитального ремонта участка дороги - без стабилизатора грунтов.

Таблица 6- Объем и состав работ по первому способу

№, п/п	Наименование работ	Единица измерения	Количество
Демонтаж существующего покрытия			
1	Киркование покрытия на толщину 18 см экскаватором с погрузкой в автомобили самосвалы	м <sup>3</sup>	13300
2	Транспортировка вскиркованного материала автомобилями самосвалами в штабеля	км	4
3	Киркование земляного полотна на толщину 20 см экскаватором с погрузкой в автомобили самосвалы	м <sup>3</sup>	15900
4	Транспортировка вскиркованного материала автомобилями самосвалами в штабеля	км	4
Устройство новых слоев			
5	Транспортировка грунта из карьера автомобилями самосвалами и распределение на земляном полотне	км	4
6	Разравнивание грунта автогрейдером	м <sup>3</sup>	15900
7	Увлажнение и уплотнение грунта	м <sup>2</sup>	80000
8	Транспортировка щебня фракции 40-70 автомобилями самосвалами и распределение на земляном полотне	км	4
9	Разравнивание щебня автогрейдером	м <sup>3</sup>	6500
10	Увлажнение и прикатка щебня	м <sup>2</sup>	42700
11	Транспортировка щебня фракции 20-40 автомобилями самосвалами и распределение на земляном полотне	км	4
12	Разравнивание щебня автогрейдером	м <sup>3</sup>	650
13	Увлажнение и уплотнение щебня	м <sup>2</sup>	42700
14	Транспортировка щебня из штабелей автомобилями самосвалами и распределение на обочинах	км	4
15	Разравнивание щебня автогрейдером	м <sup>3</sup>	1300
16	Увлажнение и уплотнение щебня	м <sup>2</sup>	7111
17	Транспортировка грунта из штабелей автомобилями самосвалами и распределение на откосах	км	4
18	Планировка грунта авотгрейдером	м <sup>2</sup>	45100

Таким образом происходит стандартное обустройство дорожной одежды без применения стабилизатора грунта. В таблице 7 приведен объем и состав работ по второму способу капитального ремонта участка дороги уже со стабилизатором грунта «ANT».

Таблица 7 – Объем и состав работ по второму способу

№, п/п	Наименование работ	Единица измерения	Количество
Демонтаж существующего покрытия			
1	Киркование покрытия на толщину 18 см экскаватором с погрузкой в автомобили самосвалы	м <sup>3</sup>	13300
2	Транспортировка вскиркованного материала автомобилями самосвалами в штабеля	км	4
3	Киркование земляного полотна на толщину 20 см автогрейдером	м <sup>3</sup>	15900
Устройство новых слоев			
4	Распределение цементных мешков самогрузами	м <sup>2</sup>	76300
5	Перемешивание грунта с цементом и водным раствором стабилизатора ресайклером	м <sup>2</sup>	76300
6	Профилирование грунта автогрейдером	м <sup>2</sup>	76300
7	Уплотнение грунта катками	м <sup>2</sup>	76300
8	Транспортировка щебня фракции 40-70 автомобилями самосвалами и распределение на земляном полотне	км	4
9	Разравнивание щебня автогрейдером	м <sup>3</sup>	6500
10	Увлажнение и прикатка щебня	м <sup>2</sup>	42700
11	Транспортировка щебня фракции 20-40 автомобилями самосвалами и распределение на земляном полотне	км	4
12	Разравнивание щебня автогрейдером	м <sup>3</sup>	650
13	Увлажнение и уплотнение щебня	м <sup>2</sup>	42700
14	Транспортировка щебня из штабелей автомобилями самосвалами и распределение на обочинах	км	4
15	Разравнивание щебня автогрейдером	м <sup>3</sup>	1300
16	Увлажнение и уплотнение щебня	м <sup>2</sup>	7111
17	Транспортировка грунта из штабелей автомобилями самосвалами и распределение на откосах	км	4
18	Планировка грунта авотгрейдером	м <sup>2</sup>	45100

Как можно заметить при сравнении данных таблиц 6 и 7, при обустройстве дородной одежды по второму методу требуется значительно меньше щебня. Но так же необходима доставка цемента для перемешивания его со стабилизатором.

При укладке дорожной одежды по первому методу выполняются следующие технологические операции:

– киркование покрытия экскаваторами на толщину 0,18 м с погрузкой в автомобили самосвалы и транспортировкой материала в штабеля;

– киркование земляного полотна экскаваторами на толщину 0,20 м с погрузкой в автомобили самосвалы и транспортировкой материала в штабеля;

– киркование слоя покрытия из щебня и верхнего слоя земляного полотна производится экскаватором KomatsuPC 300-8, с рабочим оборудованием обратная лопата и объемом ковша 1,4 м<sup>3</sup>. Погрузка осуществляется в автомобили самосвалы Nowoexro грузоподъемностью 25 тонн. Материал транспортируется в штабеля.

Далее производится устройство верхнего слоя земляного полотна, толщиной 0,20 м. В технологических операциях задействованы следующие машины и механизмы:

– автомобили самосвалы Nowoexro для транспортировки грунта из карьера;

– тяжелый автогрейдер ГС 250 для разравнивания грунта по поверхности земляного полотна;

– поливомоечная машина на базе КАМАЗ 65115 вместимостью цистерны 11 м<sup>3</sup>, для увлажнения грунта, с целью доведения его до оптимальной влажности;

– дорожный каток ДУ – 84 массой 14 тонн и шириной переднего вала 2 м, для уплотнения грунта до максимальной плотности.

Далее устраивается укрепленная часть обочины по типу покрытия. Производится транспортировка щебня из штабелей самосвалами, разравнивание автогрейдером, увлажнение и его уплотнение.

Задачей следующего этапа является доведения характеристик автомобильной до нормативных в результате выколаживания откосов. В технологических операциях задействованы автомобили самосвалы, осуществляющие транспортировку грунта из штабелей на место производства

и автогрейдер, для разравнивания грунта.

При оценке технико-экономических показателей ремонтируемой дороги, необходимо рассчитать объем материалов на захватку для конструктивных слоев дорожной одежды по формуле (1):

$$V = L \cdot A_i \cdot k_{\text{упл},i} \cdot k_{\text{пот},i} \quad (1)$$

где  $L$  – длина захватки;

$A_i$  – геометрическая площадь поперечного сечения конструктивного слоя;

$k_{\text{упл},i}$  – коэффициент уплотнения  $i$  конструктивного слоя;

Для следующих материалов  $k_{\text{упл},i}$  равен:

– щебень – 1,4;

– грунт – 1,1.

$k_{\text{пот},i}$  – коэффициент потерь  $i$  конструктивного слоя;

Для следующих материалов  $k_{\text{пот},i}$  равен:

– щебень – 1,03;

– грунт – 1,025.

Итого получается, что  $V_{\text{грунта}}=1300 \text{ м}^3$ , а  $V_{\text{щебня}}=1650 \text{ м}^3$ .

Данные о необходимом количестве материалов и автомобилей самосвалов для транспортировки на место производства работ приведены в таблице 8.

Таблица 8- Необходимое количество материалов и автомобилей самосвалов для транспортировки

Грунт							
	Километры						
	1	2	3	4	5	6	7
Потребность в смену, м <sup>3</sup>	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Дальность возки, км	3	2	1	1	2	3	4
Производительность, м <sup>3</sup> /смену	470	590	770	770	590	470	400
Количество автомобилей самосвалов, шт.	3	3	2	2	3	3	4
Итого автосамосвалов:							20
Щебень фр. 20-40, фр. 40-70							
	Километры						
	1	2	3	4	5	6	7
Потребность в смену, м <sup>3</sup>	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020
Дальность возки, км	3	2	1	1	2	3	4
Производительность, м <sup>3</sup> /смену	470	590	770	770	590	470	400
Количество автомобилей самосвалов, шт.	5	3	3	3	3	5	5
Итого автосамосвалов:							27

Как можно увидеть из таблицы 8, при обустройстве дорожной одежды по первому методу потребуется 20 самосвалов грунта и 27 самосвалов щебня.

При обустройстве дороги по второму методу на первом этапе выполняют следующие технологические операции:

– кирование покрытия экскаваторами на толщину 0,18 м с погрузкой в автомобили самосвалы и транспортировкой материала в штабеля;

– кирование земляного полотна автогрейдером на толщину 0,20 м.

Кирование слоя покрытия из щебня производится экскаватором KomatsuPC 300-8, с рабочим оборудованием обратная лопата и объемом ковша 1,4 м<sup>3</sup>. Погрузка осуществляется в автомобили самосвалы Nowoexro грузоподъемностью 25 тонн. Материал транспортируется в штабеля. Кирование верхнего слоя земляного полотна производится автогрейдером ГС – 250.

На втором этапе выполняются работы по укреплению верхнего слоя земляного полотна. Проводятся следующие виды работ:

– расставление цемента в мешках самогрузами «Isuzubort» по

поверхности земляного полотна и его равномерное распределение вручную;

– перемешивание слоя земляного полотна с цементом на толщину 0,25 м ресайклером и введением водного раствора стабилизатора «ANT» в грунтоцементную смесь;

– профилирование обработанного грунта автогрейдером ГС - 250 с наклоном среднего ножа относительно параллельной линии конструктивного слоя, п. 4.1 СТО 60929601.003 – 2012;

– уплотнение грунта катком ДУ.

Технологические операции, выполняемые на третьем, четвертом и пятом этапах аналогичны операциям, выполняемым по первому методу обустройства дорожной одежды.

При оценке технико-экономических показателей ремонтируемой дороги, необходимо рассчитать объем материалов на захватку для конструктивных слоев дорожной одежды. По формуле 1 получаем  $V_{\text{щебня}}=1100 \text{ м}^3$ .

Данные о необходимом количестве материалов и автомобилей самосвалов для транспортировки на место производства работ приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Требуемое количество материалов и автомобилей самосвалов

	Щебень фр. 20-40, фр. 40-70						
	Километры						
	1	2	3	4	5	6	7
Потребность в смену, м <sup>3</sup>	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
Дальность возки, км	3	2	1	1	2	3	4
Производительность, м <sup>3</sup> /смену	470	590	770	770	590	470	400
Количество автомобилей самосвалов, шт.	3	2	2	2	2	3	3
Итого автосамосвалов:							17

Из таблицы 9 можно увидеть, что при данном методе обустройства дорожной одежды требуется только 17 самосвалов щебня. Грунт доставлять не требуется, так как используется исходный грунт местности. Таким образом,

делаем вывод, что при использовании второго метода экономия происходит на доставке соответствующего грунта.

Стоимость материала дорожного строительства напрямую зависит от доставки этого самого материала до места укладки. Таким образом, конечная стоимость материала увеличивается в разы за счет того, что та или иная местность не обеспечена соответствующими месторождениями песка, щебня.

В районе ремонта участка автомобильной дороги, месторождения дорожно-строительных материалов отсутствуют. Рабочим проектом на капитальный ремонт дороги предусмотрено использование привозных строительных материалов. Все материалы поступают:

- щебень из карьера п. Горный доставляется на трассу железнодорожным транспортом до станции Восточная, дальностью 43 км, автомобильным транспортом средней дальностью возки 10 км;
- цемент из г. Искитим ОАО «Искитимцемент» дальностью возки 80 км;
- грунт доставляется из резерва N1, дальность возки от 1 до 4 км.

Далее в таблице 10 представлены основные экономические показатели обустройства дорожной одежды.

Таблица 10- Сравнение основных экономических показателей обустройства дорожной одежды

№ п/п	Наименование работ и затрат, единица измерения	Итого без применения стабилизатора грунтов, млн. руб	Итого с применением стабилизатора грунта «ANT», млн. руб.	Процент экономии, %
1	Материалы	3,89	2,79	28
2	Машины и механизмы	3,63	3,0	17
3	ФОТ	0,12	0,09	25
4	ВСЕГО по смете	<b>7,64</b>	<b>5,88</b>	<b>23</b>

Из таблицы 10 можно увидеть, что экономия только на материалах составляет около 28% от варианта капитального ремонта дороги без стабилизации грунта. Общая экономическая эффективность составляет 23 %. Из этого следует, что общие затраты уменьшаются на четверть,



преимущественно экономия происходит на материалах и оплате труда.

На основании анализа полученных данных следует принять решение о выборе второго варианта производства ремонтных работ. Такое решение было принято исходя из того, что новая конструкция дорожной одежды и земляного полотна имеет повышенные физико-механические свойства, по сравнению с традиционной, что позволяет выдерживать большие нагрузки, следствием чего является увеличение межремонтного срока, а так же выполнение всего цикла работ за более низкую сметную стоимость.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При производстве работ по технологии стабилизации и укрепления грунта исключительно важна и ответственна роль инженерно-технической и лабораторной служб подрядчика, а также проектировщиков и, конечно, заказчика. Без профессионального и грамотного контроля состава смеси и других показателей не возможен ожидаемый конечный результат и полагающаяся экономическая эффективность от строительства основания дорог, используя метод стабилизации и укрепления грунта.

В процессе исследования был проведен анализ состояния дорожных сетей России и Европы. Так же проведен анализ физико - механических характеристик предлагаемой инновации по основным критериям. Из анализа этих показателей следует, что такой показатель как предел прочности на сжатие при 20°C увеличился практически вдвое при воздействии на грунт стабилизатором грунта «ANT». Из этого следует, что при использовании данного стабилизатора можно вдвое увеличить долговечность дорожного покрытия. Об этом так же говорит такой показатель, как предел прочности в водонасыщенном состоянии.

Далее в ходе работы был проведен анализ экономических показателей стабилизатора «ANT». Из стоимости квадратного метра обработанного стабилизатором следует, что он вдвое дешевле своих аналогов. При расчете экономической эффективности было выявлено, что сметная экономия при использовании стабилизатора грунта «ANT» составляет около 2 млн.рублей.

Таким образом, можно сделать вывод о преимуществе предлагаемого стабилизатора по сравнению с аналогами.

В результате можно заключить, что задачи работы выполнены, а поставленная цель достигнута.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Безрук, В.М. Основные принципы укрепления грунтов: учебник / В.М. Безрук. – Москва: Транспорт, 1987.
2. Белецкий, Б. Ф. Строительные машины и оборудование: учебник / Б. Ф. Белецкий – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005.
3. Бусел, А.В. Ремонт автомобильных дорог: учеб. пособие / А.В. Бусел. – Москва: Арт Дизайн, 2004. - 208 с.
4. ГОСТ 23735-79 Смеси песчано-гравийные для строительных работ. Технические условия. – Введ. 01.07.1980. – Москва : Государственный строительный комитет СССР, 1980. – 5 с.
5. Кожин, А. Г. Зарубежный опыт развития дорожного строительства / А. Г. Кожин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2013. – №2 (9). – С. 71–74.
6. Корочкин, А.В. Проектирование нежестких дорожных одежд: учебник / А. В. Корочкин – Москва: МАДИ, 2005.
7. Кочеткова, Р.Г. Улучшение свойств глинистых грунтов стабилизаторами: учебник / Р.Г. Кочеткова.– Москва: Автомоб. Дороги, 2006.
8. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд. – Введ. 01.01.2001. – Москва : Государственная служба дорожного хозяйства РФ, 2000. – 50 с.
9. Сильянов, В. А. Транспортно–эксплуатационные качества автомобильных дорог: учебник / В. А. Сильянов. – Москва: Академия, 2009.
10. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги СНиП 2-05-02-85\*. - Введ. 17.09.1986. – Москва : ГК СССР по делам строительства, 1986. – 36 с.
11. СП 131.13330.2012 Строительная климатология СНиП 23-01-99\*. – Введ. 01.01.2013. – Москва :Госстрой России, 2000. – 42 с.
12. Стабилизатор грунтовых масс «Underbold». «Underbold» [Электронный ресурс]: официальный сайт «Underbold». – Режим доступа: <http://underbold.com.ua/>

13. Стабилизатор грунтов «Perma-Zyme». «Perma-Zyme» [Электронный ресурс]: официальный сайт «Perma-Zyme». – Режим доступа: <http://www.perma-zyme.ru/faq.htm>

14. Технология стабилизации и укрепления грунтов «АНТ». «АНТ-Инжиниринг» [Электронный ресурс]: официальный сайт «АНТ-Инжиниринг». – Режим доступа: <http://ant-rus.ru/technology/tekhnologiya-ukrepleniya-prirodnikh-gruntov-ant/>

15. Халтурин, Р. А. Состояние и опыт строительства дорожной сети в России и за рубежом / Р. А. Халтурин // Экономические науки. – 2015. – №1 (74). – С. 243–246.