

Утверждаю:

Зам. директора по научной работе,  
д.т.н. академик РАН

Андреева Л.А.

02.11.2016



**Отзыв ведущей организации ЗАО Протрансниипроект на диссертацию  
Короткова Евгения Анатольевича**

**«Влияние морозозащитного слоя из гранулированной пеностеклокерамики на морозное пучение грунтов земляного полотна автомобильных дорог», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук**

по специальности - 25.00.08 «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение».

Диссертационная работа Короткова Е.А. выполнена в Тюменском инновационном предприятии института криосферы Земли Сибирского отделения РАН и посвящена актуальной проблеме повышения эффективности теплозащиты и дренирования дорожных конструкций в районах с избыточным увлажнением пучинистых грунтов и их глубоком промерзании.

Диссертационная работа Короткова Е.А. включает:

введение;

четыре главы;

заключение;

список литературы;

приложения.

Работа содержит 167 страниц машинописного текста, 75 рисунков, 23 таблицы, список литературы из 129 наименований и 5 приложений.

По результатам исследований опубликовано 13 работ, в том числе 7 работ в изданиях, включённых в Перечень ВАК РФ, получен один патент на полезную модель № 154137 РФ.

Во введении автор справедливо утверждает, что основные транспортно-эксплуатационные параметры автомобильных дорог (прочность и ровность) в значительной степени зависят от влияния промерзания пучинистых грунтов и неэффективной работы существующих теплозащитных слоев в дорожных конструкциях.

Использование песков с необходимыми фильтрационными характеристиками и требуемой толщины не всегда оправдано по причине их отсутствия на обширной территории I ДКЗ. Кроме того, необходимость применения толстых слоев песчаного подстилающего слоя с целью решения вопросов обеспечения морозоустойчивости и дренирования, вызывает в грунте земляного полотна дополнительные сдвиговые напряжения от собственного веса.

В результате автор приходит к выводу, что для обеспечения морозоустойчивости дорожных конструкций и их осушения, особенно в зонах отсутствия кондиционных песков, необходимо разрабатывать теплозащитные и дренирующие материалы на базе местных материалов.

С этой целью автором был выполнен анализ существующих отечественных и зарубежных теплозащитных материалов, разработан стенд для моделирования процессов промерзания в дорожных конструкциях, на котором были проведены исследования температурного, влажностного и деформационного режима грунтов.

В результате проведенных исследований были разработаны практические рекомендации по проектированию автомобильных дорог на пучинистых участках с использованием гранулированной пеностеклокерамики (ГПСК).

В главе 1 «Литературный обзор» автор на основе натуральных наблюдений исследует причины пучения грунтов и предлагает пути по улучшению водно-теплового режима земляного полотна.

Далее диссертант приводит анализ нормативных документов в нашей стране и материалов, применяемых при устройстве теплоизоляционных слоев.

В частности, автор делает правильный вывод о том, широкое применение пенополистирольных плит недостаточно опробировано и имеет существенные

недостатки снижающие их заявленные свойства и условия применения. Действительно, чтобы плита работала в соответствии с расчетной схемой необходимо обеспечить коэффициент уплотнения грунтового основания не менее 0.95, затем создать выравнивающий слой из песка для обеспечения ровности основания под плиты и создать плотное соединение плит между собой во избежание их разъединения при загрузке инертным материалом сверху.

После засыпки плит сверху песком или другим инертным материалом, который также необходимо уплотнить до нормативных значений. Достичь необходимой степени уплотнения применив вибрационный каток весьма сомнительно, так как пенополистирол очень чувствителен к вибрационным нагрузкам. Кроме того, динамические напряжения от воздействия катка передающиеся через тонкий слой песка (именно тонкий, т.к. в противном случае зачем тогда пенополистирольные плиты) могут превышать допустимые напряжения для плиты.

Отсутствие возможности плит осуществлять дренаж может способствовать влагонакоплению на поверхности плит, что вызовет ее замерзание и морозное пучение конструкции.

На качество слоя из плит в значительной степени сказывается и культура устройства земполотна с применением пенополистирольных плит.

Учитывая приведенные соображения, достичь результатов, соответствующих расчетной схеме, весьма проблематично. Поэтому диссертант с учетом зарубежного опыта пошел по пути создания нового инновационного материала в нашей стране, который лишен отмеченных недостатков. Таким материалом, предлагаемым автором, является гранулированная пеностеклокерамика (ГПСК), которая представляет собой вспененные горные породы (трепел, опока, диатомит). За счет замкнутых пор этот материал имеет высокие теплоизоляционные свойства и выполняет функции морозозащиты и осушения дорожных конструкций.

Во второй главе «Материалы и методика проведения экспериментальных исследований» содержится подробное описание разработанного стенда и контрольно-измерительная аппаратура для измерения исследуемых параметров и методика проведения исследований.

Разработанный стенд предназначен для моделирования природных процессов промерзания грунтов земляного полотна и оценки влияния различных теплоизолирующих материалов на пученообразование. Конструкция стенда позволяет изменять влажность и температуру грунта, а также имитировать температуру окружающего воздуха в широком диапазоне. В принципе разработанный стенд позволяет имитировать природные тепловые процессы в осенне-зимний, зимний и зимне-весенний периоды, то есть в периоды наибольшего разрушения дорожных конструкций. Имеется ввиду, что в зимний период в некоторых регионах страны отрицательные температуры воздуха чередуются с положительными и знание распределения температуры в конструктивных слоях дорожной одежды и грунте земляного полотна может оказаться полезным при прогнозировании работы дорожных конструкций. Поэтому универсальность стенда для изучения водно-теплового режима дорожных конструкций не вызывает сомнений. В данной работе автор ограничился исследованием промерзания грунтов в осенне-зимний период, в котором наблюдается возникновение пучин.

Для исследования были приняты три конструкции: грунтовое полупространство толщиной 450мм; пенополистирол толщиной 30мм на грунтовом полупространстве толщиной 450мм; ГПСК толщиной 60мм на грунтовом полупространстве толщиной 450мм.

Проведение исследований на стенде с ограниченным объемом дорожной конструкции по сравнению с натурными размерами и тепловыми потоками в натуральных условиях требует соответствующего обоснования т.к. здесь может сказаться масштабный эффект, то есть искажение полученных результатов при переносе их на природу. В работе необходимо или принять толщину теплоизоляционных материалов такой, какая принимается в натуральных конструк-

циях и тогда результаты исследований будут соответствовать натурным. Или принять размеры слоев из теплоизоляционных материалов соответствующих размерам модели, которые необходимо обосновать и тогда результаты исследований с соответствующей корректировкой можно переносить на натуру. Поэтому полученные результаты исследований при переносе их на натуру необходимо оценить с точки зрения принятых размеров теплоизоляционных слоев.

В работе необходимо показать степень уплотнения грунтов.

Непонятно, почему автор сопоставляет результаты исследований ГПСК с материалами, используемыми в качестве заполнителя в легких бетонах (ГОСТ 32496-2013). При исследовании водно-теплового режима на стенде этот материал использовался, как самостоятельный. Уместно предположить, что полученные физико-механические параметры ГПСК необходимо сравнить с характеристиками смеси щебеночно-гравийно-песчаных смесей (ГОСТ 25607-2009).

Измерение величины пучения производилось на поверхности теплоизолирующих слоев, хотя для чистоты эксперимента надо было бы измерять на поверхности покрытия. Влияние теплоизолирующих слоев на морозное пучение грунтов важно не само по себе. Полученные результаты исследований надо спрогнозировать на реальные конструкции. Тогда проявится реальная эффективность ГПСК. Ведь при расчете дорожных конструкций важно знать общую величину деформации при вспучивании, которая регламентируется нормативными документами.

Для измерения величины морозного пучения целесообразно использовать индуктивные датчики перемещений или другие способы, исключая трение в конструкции приспособления для измерения деформации. Это повысит точность измерения величины пучения.

Для регистрации температуры целесообразно использовать приборы следящего уравнивания, которые позволяют осуществлять одновременно непрерывную многоканальную запись температуры. Это даст возможность

наглядно процесс изменения температуры в исследуемых точках в текущем времени.

В третьей главе «Экспериментальные исследования» излагаются исследования распределения температуры и влажности по всему объему лотка. Измерение температуры по оси и о краях лотка подтвердило правильность предположения о вертикальном промораживании. Это упрощает задачу дальнейших исследований, не снижая достоверности полученных результатов. Исследования убедительно показали, что величина пучения в конструкциях с применением ГПСК практически равна нулю, в то время как на однородном грунтовом массиве она достигает значительных величин. Кроме того, что очень важно, пучинообразование в данной конструкции не имеет дальнейшего развития. Анализ распределения влажности в исследуемых конструкциях показал, что наблюдается незначительное повышение влажности в нижних слоях конструкции, а в верхних слоях влажность сохраняет первоначально значение. Поскольку лабораторные исследования ограничены по времени (по сравнению с продолжительностью эксплуатации дороги) автор использовал программу QFrost для прогнозирования теплофизических процессов на длительный период (10-15 лет). Для этого автором были выполнены расчеты по программе и сопоставлены с результатами экспериментальных исследований, которые показали хорошую сходимость. Это дало возможность автору использовать программу QFrost для прогнозирования теплофизических параметров на длительную перспективу.

В этой главе результаты измерений температуры и пучения приняты для глубин 2,5 см и 7,5 см, что требует обоснования. Чтобы наглядно показать преимущество ГПСК перед традиционным материалом (например, песок) необходимо было выполнить расчеты по определению влияния толщины ГПСК на величину морозного пучения. Это не займет много времени, но даст представление о необходимых толщинах ГПСК.

В главе «Производственное внедрение» приводит данные о строительстве опытного участка с применением ГПСК с разными толщинами. что является ценным и естественным завершением диссертационной работы. Глубина промерзания рассчитывалась по программе при длительности эксплуатации 5 лет. Принятые толщины ГПСК 15 и 25 см в данных условиях показали практически одинаковые глубины промерзания.

В работе отмечены стилистические погрешности (стр.72,95 и др.), опечатки (стр.62,68,72,73,стр.81,пдрисуночные надписи к рис.3.1-3.4 и др.)

В заключение ,необходимо отметить, что автором была выполнена большая работа включающая :

- разработку стенда, позволяющего моделировать воздействие атмосферы на водно-тепловой режим в дорожных конструкциях с различными материалами в широком диапазоне температур, различных грунтов и влажности. Обосновав критерии подобия на основе теории подобия и моделирования полученные результаты исследований можно переносить на натуру с высокой степенью достоверности;

- разработанный при участии автора новый теплоизоляционный материал-гранулированная пеностеклокерамика (ГПСК) , отличающаяся высокими теплоизоляционными свойствами– основан на базе местных материалов, месторождения которых практически неисчерпаемы. Этот материал в отличие от пенопласта отличается высокой технологичностью при его укладке (все процессы полностью механизированы) , экологичностью и низкой стоимостью. На данный материал получен патент №154137и разработан стандарт организации СИО 90903792.001-2015.;

- исследования, выполненные автором на разработанном стенде с различными дорожными конструкциями подтвердили высокие теплоизоляционные свойства материала ГПСК, которые позволяют значительно снизить глубину промерзания и стабилизировать влажность грунта в основании;

- внедрение разработанного материала ГПСК в конструкцию дорожной одежды на действующей дороге .

Учитывая вышеизложенное, инженер Коротков Евгений Анатольевич заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук.

Главный специалист института  
Промтрансниипроект, к.т.н.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several fluid, connected strokes, positioned between the text of the official and the name of the official.

Колчанов А.Г.