

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор по
стратегическому развитию и науке
ФГАОУ ВО «Северный
(Арктический) федеральный
университет имени
М.В. Ломоносова,
доктор технических наук



Марьяндышев Павел Андреевич

«22» сентября 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова»

на диссертационную работу Шанхоева Зураба Шабазгиреевича на тему:
«Устойчивость многолетнемерзлого основания автомобильной дороги при
воздействии поверхностных длительно стоящих вод», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения

Актуальность темы исследования

Несомненно, выбранная тема исследования является актуальной в настоящее время. В условиях прогрессирующей деградации многолетнемерзлых грунтов, вызванной естественным изменением климата, ростом техногенных воздействий и увеличением количества осадков, наблюдается рост обводненных участков автомобильных дорог. Длительно стоящие воды, контактирующие с откосами земляного полотна дорог, способствуют более быстрому оттаиванию основания и снижению его несущей способности.

Низкая эффективность водоотводных устройств и обводнение вдоль сооружения способствуют оттаиванию основания и формированию в основании земляного полотна наклонной верхней границы многолетнемерзлых грунтов. В основании, выше границы водонепроницаемого многолетнемерзлого грунта, появляется переувлажненная зона с низкими прочностными характеристиками. На контакте оттаявших и мерзлых грунтов возникает граница поверхности

скольжения. Потеря устойчивости вдоль данной границы сопровождается развитием деформаций на дорожном покрытии в виде продольных и поперечных трещин.

Таким образом, разработка подходов к расчету изменения устойчивости основания земляного полотна и проектированию конструктивно-технологических мероприятий при воздействии поверхностных длительно стоящих вод является актуальной научно-практической задачей

Структура и содержание работы

Рецензируемая диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 111 наименований, содержит 155 страниц текста, 113 иллюстраций и 67 таблиц.

Диссертационная работа имеет четкую структуру - все главы логически выстроены и системно взаимосвязаны, что дает полное представление о цели научной работы и достигнутых научных результатах исследования.

Во введении автор обосновывает актуальность выбранной темы исследования, степень ее разработанности, объект и предмет исследования, цель и задачи научной работы, научную новизну, теоретическую и практическую значимость, методологию и методы исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности защищаемых положений и результаты апробации работы.

В первой главе рассматривается обзор научных работ и подходов к проектированию системы «основание - земляное полотно» в районах распространения многолетнемерзлых грунтов. Автором детально рассмотрены конструктивно - технологические мероприятия, направленные на повышение устойчивости основания путем размещения теплоизоляционного, геосинтетического и каменного материалов, сезонноохлаждающих устройств, систем воздушно-конвективного охлаждения, солнцезащитных навесов и т.д. Отмечается, что в научных работах не уделено должного внимания влиянию поверхностных длительно стоящих вод на оттаивание грунтов основания земляного полотна автомобильных дорог.

Обзор научных работ, представленный в первой главе диссертации, в достаточной мере отражает состояние вопроса по выбранной теме исследования.

Во второй главе рассмотрены основные факторы, влияющие на температурный режим и формирование наклонной верхней границы многолетнемерзлых грунтов в основании земляного полотна в процессе эксплуатации с учетом воздействия неглубоких водоемов, расположенных вдоль откосных частей, и представлены результаты натурных наблюдений за

температурным режимом и напряженно-деформированным состоянием основания земляного полотна. К основным факторам, определяющим температурный режим, отнесены разновидность грунта и его физические характеристики, геометрические размеры насыпи и мощность слоя поверхностных длительно стоящих вод.

Для оценки температурного режима многолетнемерзлого основания были выбраны характерные точки на границе «основание-земляное полотно» (верхняя бровка, середина откоса).

Численным моделированием установлено, что подъем уровня водоема за 12 лет эксплуатации сооружения приводит к повышению температуры в характерных точках. Наибольшее повышение температуры наблюдается под серединой откоса и составляет $\Delta T = 1,80^{\circ}\text{C}$, при этом увеличение мощности поверхностных вод не способствует увеличению глубины талого слоя под бровкой, но существенно влияет на увеличение глубины протаивания под серединой откоса.

По результатам моделирования автором выдвинута гипотеза о возможности управления формируемой и изменяемой во времени наклонной верхней границе многолетнемерзлых грунтов, влияющей на устойчивость основания, путем регулирования температурного режима грунтов основания земляного полотна за счет применения теплоизоляционных материалов и размещения водонепроницаемого геосинтетического материала в конструкцию земляного полотна и его основания, что будет препятствовать инфильтрации и инфлюации воды.

В второй главе представлены результаты полевых наблюдений на участке АД «Сургут – Салехард, п. Пангоды (км 870) – п. Правохеттинский (км 936)», которые подтвердили гипотезу автора. Устройство вертикальной траншеи по обе стороны от земляного полотна с водонепроницаемым геосинтетическим материалом оказало влияние на температурный режим. Так, за первый год наблюдения после устройства траншеи средняя температура в откосных частях основания земляного полотна увеличилась до $0,3^{\circ}\text{C}$, что может быть связано тепловым воздействием от накопленной в траншее воды. На третий год эксплуатации наблюдается понижение средней температуры в откосной части основания земляного полотна на $0,5^{\circ}\text{C}$ и уменьшение глубины протаивания под южным откосом на 1 м. Таким образом, произошло увеличение угла наклонной верхней границы многолетнемерзлого грунта до 56 градусов. Результаты численного моделирования в программно-вычислительном комплексе QFROST дали похожие значения (63 градуса). Результаты расчетов земляного полотна на третий год эксплуатации показали, что устойчивость основания не обеспечена (коэффициент запаса варьируется от 0,87 до 1,01) и требуется разработка дополнительных конструктивно-технологических мероприятий.

В третьей главе представлено конструктивно-технологическое мероприятие, заключающееся в устройстве водонепроницаемой геомембраны в нижней части земляного полотна, выполненной для уменьшения влияния теплового потока фильтрующейся воды на границе «основание-земляное полотно», и частичной замене грунта на теплоизоляционный материал в основании грунтовых призм, расположенных в подоткосной части земляного полотна для снижения теплового потока через откосную часть сооружения от поверхностных длительно стоящих вод.

По результатам численного моделирования с учетом варьирования основных геометрических размеров грунтовых призм подтверждена эффективность предлагаемых конструктивно-технологических мероприятий. Установлено, что условная стабилизация глубины протаивания наступает с 10-го года эксплуатации при толщине теплоизоляционного материала равной 0,1 м и с 7-го года эксплуатации при толщине теплоизоляционного материала - 0,5 м.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований температурного режима и положения наклонной верхней границы многолетнемерзлого грунта во времени в системе «основание-земляное полотно» на маломасштабных моделях с моделированием неглубоких водоемов.

Первая серия экспериментальных исследований выполнена для моделирования многолетнемерзлого основания и земляного полотна без учета воздействия длительно стоящих вод и снежного покрова. Во второй серии экспериментальных исследований моделировались неглубокие водоемы вдоль откосов сооружения и снежный покров. В третьей серии экспериментальных исследований проведены конструктивно-технологические мероприятия предлагаемые автором.

По результатам экспериментов получено, что при максимальном оттаивании грунтов в основании откосной части сооружения без проведения конструктивно-технологических мероприятий формируется наклонная верхняя граница ММГ под углом 49 градусов. Внедрение конструктивно-технологических мероприятий способствует уменьшению угла наклонной верхней границы ММГ на 44 градуса, что повлияет на устойчивость сооружения.

Для прогноза изменения устойчивости основания автомобильной дороги во времени разработана методика расчета, учитывающая положение наклонной верхней границы ММГ, геометрических размеров грунтовых призм, толщины теплоизоляционного слоя и мощности поверхностных длительно стоящих вод. Установлено, что определение положения наклонной верхней границы ММГ по предложенной методике удовлетворительно

согласуется с результатами экспериментальных исследований и позволяет оценить изменение положение наклонной верхней границы ММГ и коэффициента устойчивости с максимальной погрешностью до 20 %.

Разработанные методики успешно внедрены в практику проектирования и строительства автомобильной дороги на участке ПК597+20 – ПК597+45 «Новый Уренгой – Надым п. Пангоды (км870) – п. Правохеттинский (км936)» и на участке автомобильной дороги «Устье – Кемпедяй».

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

В анализируемой диссертационной работе была корректно поставлена цель исследования, которая заключается в решении научно-технической проблемы прогноза устойчивости основания автомобильной дороги при воздействии поверхностных длительно стоящих вод (неглубоких котлованов) вдоль откосных частей сооружения и разработать конструктивно-технологические мероприятия, обеспечивающие устойчивость основания.

Цель диссертационной работы полностью реализована и раскрыта через решение поставленных соискателем основных задач:

- произвести анализ зарубежного и отечественного опыта по повышению устойчивости основания автомобильных дорог в районах распространения ММГ на мокрых участках с постоянным избыточным увлажнением;
- оценить воздействие неглубоких водоемов вдоль откосных частей сооружения на температурный режим и изменение угла наклонной верхней границы ММГ в основании земляного полотна, влияющего на устойчивость основания автомобильной дороги;
- разработать конструктивно-технологическое мероприятие, направленное на повышение устойчивости основания автомобильной дороги при воздействии неглубоких водоемов путем регулирования температурного режима грунтов основания, влияющего на угол наклонной верхней границы ММГ;
- выявить влияние геометрических параметров предложенного конструктивно-технологического мероприятия на изменение температурного режима и угла наклонной верхней границы ММГ основания;
- разработать методику расчета изменения во времени устойчивости основания автомобильной дороги на наклонной верхней границы ММГ с учетом выявленных закономерностей влияния геометрических параметров конструктивно-технологического мероприятия на изменение температурного режима и угла наклонной верхней границы ММГ основания.

Объектом исследования соискатель определил основание автомобильной дороги с многолетнемерзлыми грунтами на участках с неглубокими водоемами вдоль откосных частей сооружения.

Предметом исследования является изменение устойчивости основания автомобильных дорог с неглубокими водоемами вдоль откосных частей сооружения на наклонной верхней границе ММГ.

Основное содержание диссертационной работы отражено в опубликованных автором 11 научных работ, в том числе 1 патент на изобретение. 4 работы опубликованы в источниках по перечню ВАК РФ. 1 работа опубликована в издании, входящем в международную базу цитирования Scopus. Анализ содержания опубликованных работ показывает, что в них достаточно полно отражено основное содержание выполненного исследования. В своих публикациях автор раскрывает и подтверждает обоснованность разработанных научных положений диссертационного исследования.

Научная новизна

Диссертационная работа обладает научной новизной. Научная новизна работы заключается в разработке методики расчета изменения устойчивости основания автомобильной дороги с учетом изменяющего температурного режима от внедрения конструктивно-технологических мероприятий, заключающихся в устройстве водонепроницаемой геомембраны в нижней части земляного полотна, выполненной для уменьшения влияния теплового потока фильтрующейся воды на границе «основание-земляное полотно», и частичной замене грунта на теплоизоляционный материал в основании грунтовых призм, расположенных в подоткосной части земляного полотна для снижения теплового потока через откосную часть сооружения от поверхностных длительно стоящих вод.

Автором установлены закономерности воздействия неглубоких водоемов вдоль откосных частей сооружения на изменение температурного режима и угла наклонной верхней границы ММГ в основании земляного полотна, влияющего на устойчивость основания автомобильной дороги.

Предложено конструктивно-технологическое мероприятие, обеспечивающее регулирование температурного режима, влияющего на формирование угла наклонной верхней границы ММГ в основании земляного полотна, и способствующее повышению устойчивости основания на обводненных участках вдоль откосов сооружения, а также препятствующее фильтрации воды на границе «основание-земполотно».

Автором выявлены закономерности изменения температурного режима и формирования угла наклонной верхней границы ММГ в основании

земляного полотна, влияющего на устойчивость основания автомобильной дороги, при воздействии неглубоких водоемов, на основе численного моделирования и с учетом варьирования геометрических размеров конструктивно-технологического мероприятия.

Разработана методика расчета изменения во времени устойчивости основания автомобильной дороги с учетом температурного режима, влияющего на формирование угла наклонной верхней границы ММГ в основании автомобильной дороги на участках с неглубокими водоемами вдоль откосных частей сооружения.

Полученные научные результаты, выводы и рекомендации соискателя можно охарактеризовать как соответствующие содержанию выполненных исследований.

Научная и практическая ценность диссертации

Научная значимость диссертационной работы заключается в развитии представлений о регулировании температурного режима многолетнемерзлых грунтов земляного полотна и основания путем внедрения конструктивно-технологических мероприятий, заключающихся в устройстве водонепроницаемой геомембраны в нижней части земляного полотна, выполненной для уменьшения влияния теплового потока фильтрующейся воды на границе «основание-земляное полотно», и частичной замене грунта на теплоизоляционный материал в основании грунтовых призм, расположенных в подоткосной части земляного полотна для снижения теплового потока через откосную часть сооружения от поверхностных длительно стоящих вод

Практическая значимость проведенных исследований и их результатов заключается в разработке методики расчета изменения во времени устойчивости основания автомобильной дороги на наклонной верхней границе многолетнемерзлых грунтов, и конструктивно-технологических мероприятий, повышающих устойчивость основания за счет регулирования температурного режима в процессе эксплуатации сооружения за счет уменьшения теплового воздействия от длительно стоящих вод, образующихся вдоль откосных частей, и препятствующих фильтрации воды на границе «основание - земляное полотно».

Установлены и обоснованы закономерности изменения устойчивости основания автомобильных дорог по наклонной верхней границе многолетнемерзлых грунтов с учетом воздействия поверхностных вод на откосные части сооружения при изменении геометрических параметров конструктивно-технологических мероприятий.

Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки

Полученные в диссертационной работе результаты несомненно имеют значение в области развития геотехники и практики проектирования автомобильных дорог на многолетнемерзлых грунтах. Предлагаемое конструктивно-технологическое мероприятие позволяет учесть особенности влияния поверхностных длительно стоящих вод на температурный режим грунтов земляного полотна и основания.

Разработанный алгоритм оценки устойчивости основания автомобильных дорог по наклонной верхней границе многолетнемерзлых грунтов позволяет совершенствовать расчетные методики, учитывающие особенности влияния поверхностных вод, в частности длительно стоящих вод, на температурный режим системы «основание – земляное полотно».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать при проектировании земляного полотна и основания автомобильных дорог на многолетнемерзлых грунтах в условиях интенсивного воздействия поверхностных длительно стоящих вод на откосы сооружения.

Разработанные методики расчета устойчивости земляного полотна и основания с учетом положения наклонной верхней границы многолетнемерзлых грунтов и разрабатываемых конструктивно-технологических мероприятий могут быть внедрены в практику проектирования линейных сооружений для повышения надежности и экономической эффективности проектных решений.

Замечания по диссертационной работе.

1. С целью уменьшения влияния теплового потока фильтрующейся воды на границе «основание - земляное полотно» автором предложено в вертикальных траншеях по обе стороны от земляного полотна разместить водонепроницаемый геосинтетический материал. Требуется пояснить, как обеспечить водонепроницаемость стыков геосинтетического материала в условиях, когда в основании будут развиваться горизонтальные деформации грунтов от собственного веса насыпи и транспортной нагрузки? Также необходимо пояснить, как обеспечить водонепроницаемость на контакте грунтовой призмы, обернутой геосинтетическим материалом, с геосинтетическими материалами, размещенными в вертикальных траншеях.
2. Автором предложена методика расчета коэффициента устойчивости основания при длительно стоящих поверхностных водах аналитическим

способом, учитывая напряжения в точках грунтового массива на наклонной верхней границе многолетнемерзлых грунтов. Требуется пояснить, чем обусловлено применение аналитических расчетов, в то время как, численные методы позволяют более точно спрогнозировать поведение грунтового массива с учетом геометрических особенностей сооружения, гидрогеологического режима и предлагаемых конструктивно-технологических мероприятий?

3. При организации экспериментальных полевых наблюдений на участке автомобильной дороги «Сургут-Салехард» выявлены продольные и поперечные трещины в покрытии проезжей части, а также вертикальные перемещения бровки земляного полотна. по результатам инженерно-геологических изысканий в основании выявлен слой торфа, который в талом состоянии характеризуется высокой сжимаемостью и ползучестью, что может способствовать формированию призм обрушения по слабому слою и значительным деформациям земляного полотна. Учитывалось ли измененное в результате оттаивания мерзлого слоя напряженно-деформированное состояние грунтов основания при выполнении расчетов устойчивости и, если учитывалось, то требуется пояснить, каким образом.

Следует отметить, что указанные замечания не снижают значимости и законченности проведенных исследований соискателя Шанхоева Зураба Шабазгиреевича. Указанные замечания отражают сложность, уникальность и многогранность рассматриваемой автором проблемы.

Соответствие диссертации научной специальности

Диссертация Шанхоева Зураба Шабазгиреевича соответствует паспорту научной специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения в части следующих пунктов:

- п.5. Разработка новых методов расчета, проектирования и испытаний высокоэффективных конструкций, способов и технологий устройства оснований и фундаментов в особых инженерно-геологических условиях: на слабых, насыпных, просадочных, засоленных, набухающих, закарстованных, вечномерзлых, пучинистых и других грунтах.

- п.11. Создание новых инженерных методов преобразования и улучшения грунтов оснований для повышения несущей способности оснований зданий и сооружений и снижения их деформаций (уплотнением, укреплением, армированием, замораживанием и др).

- п.12. Разработка научных основ, методов и конструктивных решений инженерной подготовки территорий, а также конструктивных решений оснований и фундаментов для защиты зданий и сооружений от опасных природных и техногенных воздействий.

Заключение

Анализ работы позволяет сделать обоснованный вывод, что диссертация Шанхоева Зураба Шабазгиреевича на тему «Устойчивость многолетнемерзлого основания автомобильной дороги при воздействии поверхностных длительно стоящих вод» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, научной и практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития соответствующей отрасли наук.

Диссертационная работа полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Шанхоев Зураб Шабазгиреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и утвержден на заседании кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов ФГАОУ ВО «САФУ имени М.В. Ломоносова» 11 сентября 2025г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов
ФГАОУ ВО «САФУ имени
М.В. Ломоносова», канд. техн. наук,
доцент

Коршунов
Алексей
Анатольевич



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

Адрес: 163002, г. Архангельск, набережная Северной Двины, д. 17,

Тел.: +7 (8182) 216100

E-mail: public@narfu.ru

Коршунов Алексей Анатольевич

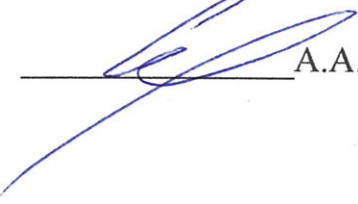
Заведующий кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», кандидат технических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология, доцент

Адрес: 163002, г. Архангельск, набережная Северной Двины, д. 17, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

телефон: +7(8182) 21-89-51,

e-mail: a.korshunov@narfu.ru

Согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

 А.А. Коршунов



И.о. ректора ФГБОУ ВО «Тюменский
индустриальный университет»
доктору техн. наук, доценту
Ю.С. Ключкову

СОГЛАСИЕ

Я, Марьяндышев Павел Андреевич, доктор технических наук, доцент, первый проректор - по стратегическому развитию и науке федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», в соответствии со ст.9 Федерального закона от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О защите персональных данных» даю согласие на обработку моих персональных данных ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», а именно совершение действий, предусмотренных п.3 ст.3 Федерального закона №152-ФЗ, со всеми данными, которые находятся в распоряжении ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет».

Согласие вступает в силу со дня его подписания и действует в течение неопределенного срока. Согласие может быть отозвано мною в любое время на основании моего письменного заявления.

Первый проректор по стратегическому развитию и науке

П.А. Марьяндышев

