

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ
им. Н. Исанова**

**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Б.Н. Ельцина**

Диссертационный совет Д 05.19.597

На правах рукописи
УДК 625.7/8(043.3)

ГАПАРОВА ЖАНАРКАН ТАХТАХУОНОВА

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА
ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ШЕРОХОВАТОСТЕЙ НА ЛЕДЯНОЙ
ПОВЕРХНОСТИ ГОРНОЙ ДОРОГИ**

05.05.04 - дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек - 2021

Диссертационная работа выполнена в Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова (КГТУ), г. Бишкек.

Научный руководитель: **Тургумбаев Жеңишбек Жумадылович**
доктор технических наук, профессор
профессор кафедры «Механика и промышленная инженерия» Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова

Официальные оппоненты: **Диметов Хаким Нишанбаевич**
доктор технических наук, профессор
менеджер по корпоративным отношениям компании SADE CGTH JSI. Академик Международной академии транспорта. Республика Узбекистан

Жоробеков Болот Астаевич
кандидат технических наук, доцент
декан факультета транспорта и технологии сервиса
Ошского технологического университета им. Академика М.М. Адышева

Ведущая организация: Государственное предприятие «Проектно-изыскательский институт «Кыргыздортпроект».
Адрес: 720020, Кыргызская республика, г. Бишкек, ул. Саманчина, 6.

Защита диссертации состоится « » 2021 г. в часов на заседании диссертационного совета Д 05.19.597 при Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры имени Н.Исанова и Кыргызско-Российском Славянском университете им. Б.Н.Ельцина по адресу: 720020, Кыргызская Республика, г.Бишкек, ул. А.Малдыбаева, 34, б, ауд. , www.ksucta.kg, тел.: (0312)548566, факс: (0312)543561.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры имени Н.Исанова по адресу: 720020, г.Бишкек, ул. А.Малдыбаева, 34, б, и Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б.Н.Ельцина по адресу: 720000, г.Бишкек, ул. Киевская, 44 и на сайте www.ksucta.kg.

Автореферат разослан « » 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
к.т.н., доцент

Маданбеков Н.Ж.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Кыргызская Республика как горная страна имеет сеть автомобильных дорог, расположенных в горной местности, которые по статистике являются самыми высокогорными дорогами в мире. Дороги имеют сложные перевальные участки, проходящие на высоте 3 000 метров и более. Особая опасность для передвижения транспортных средств создается в зимнее время. Ледяной покров, низкая температура окружающей среды обуславливают образование ледяной корки на поверхности автомобильных дорог. Дорога становится скользкой, возрастает длина тормозного пути, увеличивается опасность заноса транспортных средств вследствие резкого уменьшения коэффициента сцепления колес с ледяной поверхностью дороги. Возникает реальная угроза дорожной и транспортной безопасности, прежде всего для водителей и пассажиров. Кроме того, прекращение движения транспортных средств в экстремальных ситуациях ведет к экономическим потерям, порче сельскохозяйственных продуктов, несвоевременной доставке грузов и т.д. С учетом реализации строительства и содержания дорог стратегического назначения как внутри страны (дороги Бишкек - Торугарт, Бишкек - Ош, Ош - Эркечтам, Суусамыр - Тараз и т.д.), так и межгосударственного масштаба (дорога, выходящая к морю: Россия - Казахстан - Кыргызстан - Китай - Афганистан - Пакистан) становится актуальной проблемой качественного содержания горных дорог, особенно в зимнее время.

Применяемые в настоящее время машины для распределения химических концентратов (смесь соли с песком) при борьбе с гололедицей являются экологически вредными и могут нанести урон растительности. Кроме того, применение традиционных пескоразбрасывателей малоэффективно на горных дорогах, имеющих значительные продольные уклоны, так как каменистые частицы, разбрасываемые на ледяную поверхность горной дороги, скатываются вниз, в результате чего эти участки поверхности дорог остаются «чистыми». Эти участки дороги с уклонами являются особо опасными с точки зрения скользкости. Вышеизложенные обстоятельства обуславливают разработку устройств для образования на ледяной поверхности горных дорог антискользких шероховатостей, например, из каменистых частиц.

Достоверность результатов работы обеспечена корректностью принятых допущений, адекватностью математических моделей, удовлетворительной сходимостью теоретических и экспериментальных исследований.

Связь темы диссертации с крупными научными программами. Работа выполнена по государственным научно-исследовательским планам Кыргызской Республики «Повышение дорожно-транспортной безопасности горных дорог в экстремальных условиях», № государственной регистрации 0004934 и «Разработка технологии и термо-механического оборудования для

повышения сцепления колес транспортных машин с ледяной поверхностью горной дороги», № государственной регистрации 0007063.

Целью диссертационной работы является повышение безопасности транспортных средств на ледяной поверхности горной дороги путем модернизации устройства для образования каменистых шероховатостей.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи исследования:

- провести теоретические исследования процесса взаимодействия пневматических колес транспортных средств с ледяной поверхностью горной дороги при наличии каменистых (песчаных) шероховатостей.

- определить параметры распределительного барабана устройства для образования шероховатостей на ледяном покрове горной дороги.

- разработать экспериментальные устройства и методики экспериментальных исследований процессов распределения и погружения нагретых каменистых частиц в ледяной покров горной дороги.

- провести экспериментальные исследования в лабораторных и натуральных условиях процесс образования каменистых шероховатостей на ледяном покрове горной дороги.

- оценить тяговые и тормозные характеристики колесных движителей транспортных средств на ледяном покрове горной дороги с каменистыми шероховатостями.

- разработать методику расчета параметров и рекомендации по проектированию устройства для распределения нагретых каменистых частиц на ледяную поверхность горной дороги.

Научная новизна работы:

- разработаны математические модели взаимодействия пневматических колес с ледяной поверхностью, позволяющие определить тяговую силу транспортных средств на горной дороге при наличии каменистых (песчаных) шероховатостей;

- получены зависимости, позволяющие определять углы захвата и соотношения диаметров каменистых частиц и распределительного барабана устройства для образования шероховатостей на ледяном покрове горной дороги;

- получены уравнения регрессии процесса погружения нагретых каменистых частиц в ледяной покров горной дороги при действии следующих факторов: температуры каменистых частиц; температуры окружающей среды (льда) и диаметра каменистых частиц.

Практическая значимость полученных результатов. Определена эффективность распределения и погружения нагретых каменистых частиц на ледяную поверхность горной дороги от размеров и температуры нагрева каменистых частиц и температуры внешней среды.

Разработана методика расчета параметров устройства для образования шероховатостей на ледяной поверхности горной дороги; рекомендации по проектированию устройства для распределения нагретых каменистых частиц на

ледяную поверхность горной дороги; оригинальное устройство для образования шероховатости на ледяной поверхности дороги (на конструкцию устройства получен патент КР на изобретение № 1377).

Экономическая значимость полученных результатов.

Реализация инженерно-конструктивного решения «Устройство для образования шероховатости на ледяной поверхности дороги» позволит снизить время распределения нагретых каменных частиц на наклонной ледяной поверхности горной дороги. Экономический эффект от снижения энергии на дополнительный нагрев каменных частиц на одну машину в год составит примерно 25 тысяч сомов.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- математические модели для определения тяговой силы транспортных средств на горной дороге при наличии каменных шероховатостей.
- уравнения регрессии процесса погружения нагретых каменных частиц в ледяной покров горной дороги.
- экспериментально выявленные закономерности по росту тяговых усилий транспортных средств на ледяной поверхности с каменной шероховатостью.
- методика расчета параметров устройства для распределения нагретых каменных частиц на ледяную поверхность горной дороги.

Личный вклад соискателя. Соискателем лично разработаны теоретические зависимости для определения кинематических параметров движения каменных частиц; математические модели взаимодействия пневматических колес с ледяной поверхностью. Получены уравнения регрессии процесса погружения нагретых каменных частиц в ледяной покров горной дороги. Разработаны методика экспериментальных исследований, проведены экспериментальные исследования и получены результаты экспериментальных исследований.

Апробация результатов диссертации. Основные положения диссертационной работы были доложены и обсуждены на международной научно-технической конференции (Ош, ОшГУ, 2001–2003 гг.); международной научно-практической конференции «Инновационные технологии: теория и практика» (Алматы, 2004 г.); международной научно-практической конференции «Автомобильные дороги и транспортные машины: проблемы и перспективы развития» (Алматы, 2004 г.); Всероссийской научно-технической конференции «Проблемы экономики и прогрессивные технологии в текстильной, легкой и полиграфической промышленности» (Санкт-Петербург, 2004 г.); международных научно-технических конференциях студентов и молодых ученых (Бишкек, КГТУ, 2005–2017 гг.); международных научно-технических конференциях КГТУ им. И. Раззакова (Бишкек, КГТУ, 2004–2017 гг.); международной научно-технической конференции «Совершенствование конструкций и системы эксплуатации транспортной техники» (Алматы, 2010 г.); научно-техническом совете института прикладных наук и экологии (Ош, ОшГУ, 2002–2003 гг.); заседаниях кафедры «Основы конструирования машин»

КГТУ им. И. Раззакова (Бишкек, 2004–2011 гг.); научно-техническом совете научно-исследовательского института физико-технических проблем при КГТУ им. И. Раззакова (Бишкек, 2007–2014 гг.).

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. По результатам диссертационной работы опубликовано 25 научных публикаций, в том числе 12 из списка НАК КР, 2 РИНЦ РФ и 2 патента на изобретение Кыргызской Республики.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 166 страницах машинописного текста и содержит 67 рисунка и 8 таблиц. Состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников и приложения. Список литературы содержит 106 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении раскрывается актуальность темы, изложены цель, задачи исследования, научная новизна и оценка практической значимости полученных результатов.

В первой главе «Анализ конструкций и исследований машин для зимнего содержания дорог» проведен сравнительный анализ исследований и разработок отечественных и зарубежных конструкций машин для распределения каменистых частиц на ледяную поверхность дороги.

Вопросами совершенствования конструкций пескоразбрасывателей занимались ученые Г.Л. Карабан, В.П. Сорока, Г.В. Бялобжеский, В.И. Баловнев, В.П. Варфомеев, А.П. Васильев и др. Определение физико-механических свойств ледяного покрова отражены в работах П.П.Кузьмина, Е.П. Драневича, Н.П. Александровой, А.С. Александрова и др. По взаимодействию рабочих органов распределительных машин с ледяным покровом известны работы Д.А. Шалмана, Л.М. Гусева, В.Н. Кузнецовой, М.В. Немчинова, Ю.В. Кузнецова и др. Процесс взаимодействия ходового оборудования с ледяным покровом изучались в трудах Т.В. Самодуровой, Ж.Ж. Тургумбаева, М.С. Кульгильдинова и др. За рубежом проблемы борьбы с гололедицей на дорогах известны работы М. Питера, К. Джона, С. Малика, Т. Моута, Н.Дж. Сиффели, Д.Е. Петерсон и др.

На основании проведенного анализа опубликованных работ установлено, что в зимнем содержании дорожных покрытий со снегом и льдом широкое распространение получили машины для распределения песка и солей на ледяную поверхность дороги. Пескоразбрасыватели осуществляют рассыпку холодных каменистых частиц на ледяную поверхность дороги, образуя каменистые шероховатости.

В Кыргызстане к проблеме содержания горных дорог в зимнее время добавляются затрудненности, связанные наличием частых и значительных продольных уклонов. Каменистые частицы, разбрасываемые на ледяную поверхность горной дороги традиционными пескоразбрасывателями на уклонах

дорог, скатываются вниз, в результате чего поверхности этих опасных участков дорог остаются без каменистых шероховатостей.

Во второй главе «Теоретический анализ взаимодействия ходового оборудования транспортных средств с ледяной поверхностью горной дороги» приведены теоретические исследования устройства для образования шероховатостей путем распределения на ледяную поверхность горной дороги нагретых каменистых частиц.

Одним из основных преимуществ разрабатываемого (модернизированного) распределительного оборудования для распределения нагретых каменистых частиц на ледяную поверхность горной дороги является обеспечение минимального по времени нахождения нагретых каменистых частиц в пути от выхода транспортера до остановки на ледяной поверхности горной дороги.

Траектория движения каменистых частиц от выхода из транспортера до посадки на ледяной поверхности горной дороги модернизированного распределителя показана на рисунке 1. Нагретая каменистая частица 1 выходит из бункера с помощью транспортера 2 с начальной скоростью v_0 . В точке *A* происходит отрыв каменистой частицы от транспортера. Далее каменистая частица совершает полет со скоростью v_1 и попадает на наклонную пластину 3 в точке *B*. До точки *C* каменистая частица по наклонной поверхности совершает катание со скоростью v_2 . В точке *C* каменистая частица вовлекается в круговое движение со скоростью v_3 упругой прокладкой 4 распределительного барабана. В точке *D* каменистая частица останавливается ($v_4=0$) и происходит внедрение в ледяную поверхность горной дороги.

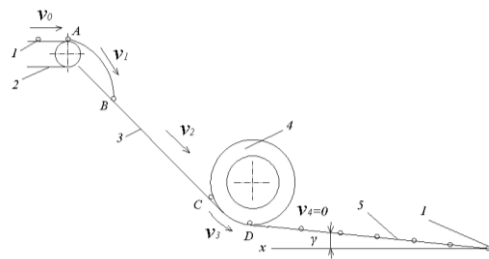


Рисунок 1 - Схема разбрасывания каменистых частиц по наклонной ледяной поверхности горной дороги предлагаемым устройством

Общая продолжительность движения каменистой частицы по участкам *AB*, *BC* и *CD* равно

$$t_m = t_{AB} + t_{BC} + t_{CD}, \quad (1)$$

где t_{AB} , t_{BC} , t_{CD} – время, затраченное в пути каменистой частицы соответственно на участках траектории *AB*, *BC* и *CD*.

Время, затраченное на полет каменистой частицы на участке *AB*

$$t_{AB} = \sqrt{2h/g}, \quad (2)$$

где h - высота выброса каменистой частицы;

g – ускорение свободного падения.

Время, затраченное на перемещение каменной частицы по наклонной плоскости от точки B до точки C

$$t_{BC} = \frac{v_C - v_B}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}, \quad (3)$$

где v_B – начальная скорость (скорость в точке B);

v_C – конечная скорость (скорость в точке C);

μ – коэффициент скольжения каменной частицы относительно ледяной поверхности;

α – угол установки наклонной плоскости.

Время, затраченное на прохождение каменной частицы от точки C до точки D

$$t_{CD} = \frac{\varphi \cdot D_{\phi}}{2 \cdot v_M}, \quad (4)$$

где v_M – поступательная скорость движения машины для распределения каменных частиц;

φ – угол поворота распределительного барабана;

D_{ϕ} – диаметр распределительного барабана.

Подставляя найденные значения времени, затраченные на участках t_{AB} , t_{BC} , t_{CD} в уравнение (1), окончательно получим

$$t_M = \sqrt{\frac{2h}{g}} + \frac{v_C - v_B}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} + \frac{\varphi \cdot D_{\phi}}{2 \cdot v_M}. \quad (5)$$

Необходимым условием эффективной работы устройства для распределения нагретых каменных частиц на ледяную поверхность горной дороги является вовлечение каменных частиц распределительным барабаном. Для улучшения захвата каменных частиц наружная поверхность распределительного барабана выполнена из резинового материала в виде втулки. Резиновая втулка обеспечивает, за счет упругой деформации, проникновение каменных частиц во втулку и надлежащее трение между каменными частицами и резиновой втулкой распределительного барабана.

На рисунке 2 представлена расчетная схема взаимодействия каменной частицы с распределительным барабаном. Распределительный барабан 1 с резиновой втулкой 2 вращается с угловой скоростью ω и одновременно передвигается по поверхности ледяной горной дороги со скоростью v . Для удобства расчета принимаем форму каменной частицы 4 в виде сферы. Падая вниз по наклонному лотку 3 каменная частица соприкасается с резиновой втулкой 2 распределительного барабана 1. Вследствие одновременного поступательного движения устройств, а для распределения каменных частиц и вращательного движения распределительного барабана вокруг собственной оси происходит втягивание каменной частицы в резиновую оболочку распределительного барабана.

Основным фактором процесса вовлечения каменной частицы в распределительный барабан являются силы трения, возникающие при их взаимодействии.

Сила трения F_{mp} между распределительным барабаном и каменной частицей направлена по касательной к наружной окружности распределительного барабана в точке касания с каменной частицей. Сила трения F_{mp} возникает в результате появления нормальной силы F , действующей по нормали в точке K . Эта сила F является силой давления распределительного барабана (через упругую втулку) на каменную частицу.

На ледяной поверхности в точке контакта с каменной частицей возникает реакция $F_{кч}$ от силы давления F на каменную частицу. В свою очередь, эта сила реакции $F_{кч}$ вызывает появление силы трения $F_{кчmp}$. Ввиду незначительности пренебрегаем силой тяжести каменной частицы.

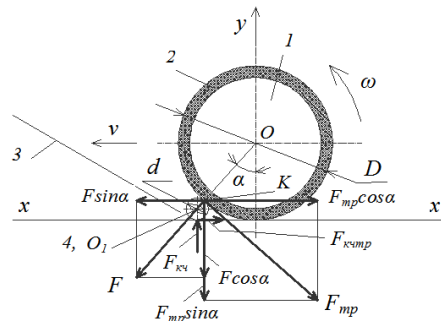


Рисунок 2 - Расчетная схема взаимодействия каменной частицы с распределительным барабаном

Для определения усилия втягивания каменной частицы распределительным барабаном рассмотрим условия их равновесия. По горизонтальной оси $x-x$ действуют проекции сил давления F и трения F_{mp} . Напишем условия втягивания каменной частицы распределительным барабаном.

$$F \cdot \sin \alpha \leq F_{mp} \cdot \cos \alpha + F_{кчmp} , \quad (6)$$

Распишем

$$F \cdot \sin \alpha \leq F \cdot f \cdot \cos \alpha + F_{кч} \cdot f_1 , \quad (7)$$

где f - коэффициент трения между упругой втулкой распределительного барабана с каменной частицей;
 f_1 - коэффициент трения между ледяной поверхностью дороги и каменной частицей;
 α - угол захвата.

По вертикальной оси y проекции указанных сил составляют уравнение

$$F_{кч} - F \cdot \cos \alpha - F_{mp} \cdot \sin \alpha = 0 , \quad (8)$$

или

$$F_{кч} - F \cdot \cos \alpha - F \cdot f \cdot \sin \alpha = 0, \quad (9)$$

отсюда

$$F_{кч} = F(\cos \alpha + f \cdot \sin \alpha). \quad (10)$$

После преобразований получим

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{f_1 + f}{1 - f_1 \cdot f}. \quad (11)$$

Выражая коэффициенты трения f и f_1 через углы трения $\operatorname{tg} \varphi$ и $\operatorname{tg} \varphi_1$, получим искомую зависимость определения угла захвата

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi}{1 - \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi}, \quad (12)$$

где φ_1 - угол трения между каменной частицей и ледяной поверхностью дороги;

φ - угол трения между каменной частицей и упругой втулкой распределительного барабана.

Для определения соотношения диаметров распределительного барабана и каменной частицы используем расчетную схему согласно рисунка 2.

Диаметр упругой втулки распределительного барабана обозначим буквой D , диаметр каменной частицы - d . Центр окружности распределительного барабана обозначим буквой O , центр каменной частицы - O_1 . Расстояние между центрами O_1 и O составляет $\frac{D}{2} + \frac{d}{2}$. Проекция этого расстояния на вертикальную ось y дают $\frac{D}{2} - \frac{d}{2}$. Эти два отрезка определяют соотношением

$$\left(\frac{D}{2} + \frac{d}{2}\right) \cdot \cos \alpha = \frac{D}{2} - \frac{d}{2}, \quad (13)$$

После преобразований получим искомую зависимость

$$\frac{D}{d} = \frac{1 + \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}. \quad (14)$$

Шероховатость поверхности дорог положительно влияет на величину сцепления с точки зрения предотвращения скольжения через адгезионную и деформационную составляющие трения. Увеличение неровностей шероховатости и увеличение интенсивности рассыпки каменных частиц на ледяной поверхности ведет к увеличению коэффициента сцепления.

На рисунке 3 показана расчетная схема определения силовых параметров взаимодействия пневматических шин с ледяным покрытием дороги при наличии каменных шероховатостей.

Предполагается случай, когда шина упирается в каменные частицы и перекатывается по ним, касания с ледяным покрытием не происходит. Сила тяжести $G_{сц}$ передается через каменные частицы на покрытие дороги. В такой схеме взаимодействия касательная сила, возникающая при трогании P (или при

торможении) транспортных средств, передается на покрытие дороги через шероховатости (каменистые частицы).

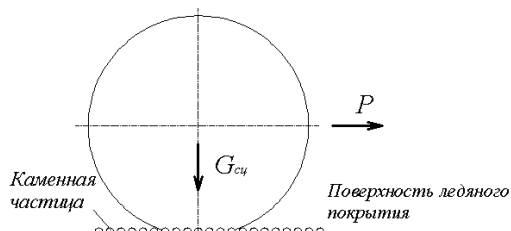


Рисунок 3 - Схема взаимодействия шероховатого ледяного покрытия с каменными частицами и пневматической шиной транспортных средств

Для упрощения расчета принимаем форму каменной частицы в виде сферы. Нагретая каменная частица при соприкосновении с ледяным покрытием дороги разогревает находящий ниже слой ледяного наката и под действием собственной силы тяжести подтапливается. Погруженная нижняя половина каменной частицы (сферы) замораживается в ледяном массиве (рисунок 4). Открытая верхняя половина каменной частицы соприкасается с шиной транспортных средств.

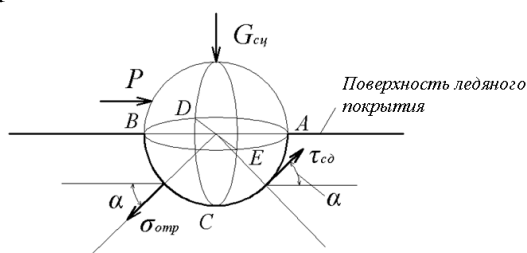


Рисунок 4 - Схема определения силы сдвига замороженной каменной частицы в ледяном покрытии

Сила тяги P (касательная сила) в зоне взаимодействия каменной частицы с шиной транспортных средств через каменную частицу будет сжимать ледяной массив по поверхности $ACDE$. По мере нарастания силы P напряжение сжатия по этой поверхности возрастает. При достижении определенного значения P происходит сдвиг каменной частицы по поверхности сдвига $ACDE$. Поверхность сдвига представляет наружную часть четверти сферы. Одновременно наружная часть четверти сферы $BCDE$, расположенная в противоположной стороне полупогруженной части сферы, будет испытывать напряжение отрыва.

На силу P со стороны ледяного массива оказывают сопротивления ледяного покрытия, слагаемые от напряжения (сопротивления) сдвига $\tau_{сд}$ в передней части каменной частицы и напряжения (сопротивления) отрыва $\sigma_{отр}$ с тыльной ее части.

$$P = \pi \frac{d_{кч}^2}{4} \cdot (\tau_{сд} + \sigma_{отр}) \cdot \cos \alpha , \quad (15)$$

$$P = \pi \frac{d_{кч}^2}{4} \cdot (\tau_{сд} + \sigma_{отр}) \cdot \cos \alpha \cdot n$$

где α - угол между направлением действия силы P и направлением касательного напряжения $\tau_{сд}$ в точке центра действия касательного напряжения;

$d_{кч}$ - диаметр каменной частицы;

n - количество каменных частиц, находящееся в контактной поверхности между пневматического колеса и ледяной поверхности.

В предлагаемой работе дается новая технология образования шероховатости на ледяной поверхности горной дороги. Суть технологии заключается в использовании каменных частиц в нагретом (горячем) состоянии. При этом улучшается проходимость машин на горных дорогах с ледяной поверхностью за счет обеспечения шероховатости на ледяной поверхности дороги. Это достигается рассыпкой на ледяную поверхность горной дороги нагретых инертных материалов. Нагретые каменные частицы при нахождении на ледяной поверхности за счет их положительной температуры и силы собственной тяжести начинают погружаться в лед за счет подтаивания льда, происходит «посадка» гравийных материалов на ледяную поверхность. Холодная окружающая температура воздуха приводит к замерзанию погруженных каменных частиц на ледяную поверхность дороги. Таким образом, на ледяной поверхности дороги образуется шероховатость, образуемая насаждением гравийных материалов (рисунок 5).



Рисунок 5 - Каменные частицы, замороженные в ледяном массиве

В третьей главе «Методика экспериментальных исследований процесса образования шероховатостей» описана методика экспериментальных исследований. В Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова разработано на уровне изобретения устройство для образования шероховатостей на ледяной поверхности горной дороги (рисунок 6). Устройство содержит базовую машину 1, установленный на ней теплоизоляционный бункер 2 с горячим песком 3, нагревательный отсек 4, ленточный транспортер, вмонтированный в нижнюю часть теплоизоляционного бункера 2, наклонный лоток 5, прикрепленный к задней

части теплоизоляционного бункера 2, распределительный барабан 6 с надетой упругой втулкой 7, боковые кронштейны 8 для крепления распределительного барабана 6 к теплоизоляционному бункеру 2 с помощью подшипниковых узлов 9 с осью вращения 10.

Нижняя часть наклонного лотка 5 выполнена в форме дуги окружности 11 с радиусом R , равным радиусу наружной поверхности упругой втулки 7, причем центр вращения 10 распределительного барабана 6 и центр вращения 10 дуги окружности 11 наклонного лотка 5 совпадают (рисунок 6). К торцу вала 12 распределительного барабана 6 жестко прикреплено боковое колесо 13 с радиально установленными щипами 14, взаимодействующими с ледяной поверхностью дороги 15. На задней части теплоизоляционного бункера 2 установлен моторный отсек 16 для привода ленточного транспортера. Наклонный лоток 5 снабжен клапанным отсеком 17, имеющим затвор 18.

Устройство для распределения нагретых каменных частиц на ледяные поверхности дорог позволяет образовать на ледяной поверхности дороги шероховатость путем посадки на ледяную поверхность дороги каменных частиц, которые существенно увеличивают безопасность движения транспортных средств на горных дорогах.

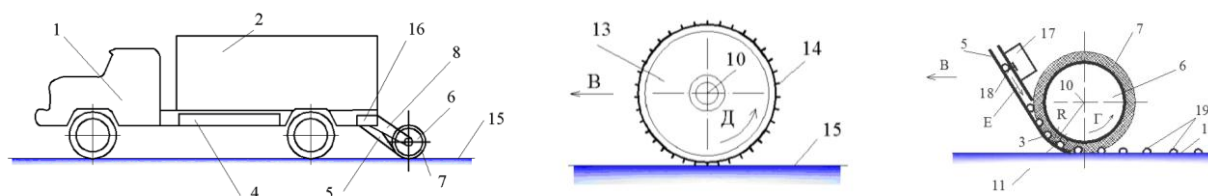


Рисунок 6 - Устройство для образования шероховатости на ледяной поверхности горной дороги

На первоначальном этапе экспериментальных исследований были проведены эксперименты по изучению процесса погружения в лед нагретых каменных частиц.

Целью эксперимента на этом этапе было нахождение оптимальных температур каменных частиц в зависимости от температуры окружающей среды (льда). Как известно, при малых температурах каменных частиц погружение их в лед будет составлять незначительные величины, а при высоких температурах каменных частиц они погружаются в ледяной слой полностью. Задачей эксперимента было нахождение таких температур каменных частиц и ледяного слоя, при которых каменные частицы погружались приблизительно до половины их размеров. В этих случаях погруженные каменные частицы схватываются замерзшим льдом и образуют на ледяной поверхности дороги шероховатости, напоминающие наждачную бумагу. При этом существенно увеличивается сила сцепления между ледяным дорожным покрытием и колесами машин.

Для обогрева каменных частиц использовались нагревательные печи. Отсортированные по фракциям каменные частицы предварительно

очищались от загрязнений путем промыва их в водной среде, затем высушивались в сушильных камерах. Отсортировка каменных частиц по фракциям проводилась через сито определенных размеров. Температура каменных частиц измерялась термометрами.

Лед определенных температур формировался в холодильниках. Диапазон изменения температуры был от -6°C до -16°C . Контейнер с водой установлен в холодильнике до получения определенной температуры.

Нагретые до определенной температуры каменные частицы высыпались на ледяную поверхность определенной температуры в соответствии с матрицей планирования эксперимента. Глубина погружения каменных частиц в лед зависит от вышеуказанных параметров. В зависимости от температуры каменных частиц они погружались в лед на разные глубины.

В качестве плана эксперимента принят центральный композиционный рототабельный план с тремя факторами. Температура каменных частиц t_k , температура ледяного слоя t_l , диаметр каменных частиц d_k . Параметром отклика является глубина погружения нагретых каменных частиц в ледяной слой h .

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований устройства для образования шероховатостей» изложены результаты экспериментальных исследований.

После обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии процесса погружения нагретых каменных частиц в ледяной покров горной дороги:

$$Y = 5,8 + 2,02X_1 + 1,91X_2 + 1,63X_3 + 0,34X_1X_2 - 0,27X_2X_3 - 0,81X_1^2 - 0,64X_2^2 - 0,57X_3^2, \quad (16)$$

где Y - глубина погружения каменной частицы в ледяной массив, мм;

X_1 - температура каменных частиц, градус С;

X_2 - температура ледяного слоя, градус С;

X_3 - диаметр каменных частиц, мм.

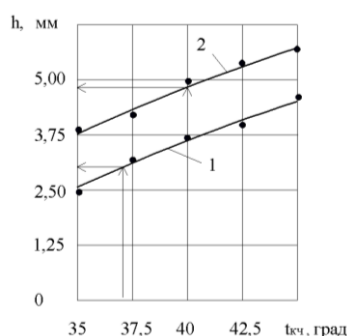


Рисунок 7 - Зависимости изменения глубины погружения каменных частиц в ледяной покров от температуры рассыпаемого материала:

1 - для фракции $d_{кч} = 6$ мм; 2 - для фракции $d_{кч} = 9$ мм

Как видно из уравнения, наиболее значимым фактором, влияющим на данный процесс, является температура каменистых частиц, а диаметр каменистых частиц оказывал наименьшее влияние. С увеличением диаметра каменистых частиц глубина погружения увеличивается. На рисунке 7 показана диаграмма изменения глубины погружения каменистых частиц в ледяной покров от температуры рассыпаемого материала для фракций $d_{кч} = 6$ мм и $d_{кч} = 9$ мм.

Каменистые частицы 6 мм при температуре 37°C погружались в ледяной слой горной дороги на глубину 3 мм. При температуре 40°C по Цельсию каменистые частицы размером 9 мм погружались в ледяной слой на глубину 4,8 мм.

На следующем этапе экспериментов исследовался процесс охлаждения каменистых материалов, находящихся внутри теплосохраниющих пакетов. Теплосохраниющие пакеты изготавливались в различных комбинациях в соответствии с таблицей.

Каменистые частицы нагревались до $+60^{\circ}\text{C}$ и заполнялись в теплосохраниющие пакеты. Герметично закрытые теплосохраниющие пакеты поместили на ледяной покров при температуре окружающей среды $t_{o.c.} = -8^{\circ}\text{C}$ и льда $t_{льда} = -10^{\circ}\text{C}$. Разгерметизацию теплосохраниющих пакетов произвели через 2 часа 30 мин. Результаты эксперимента по определению снижения температуры инертных материалов в теплосохраниющих пакетах представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Изменение температуры инертных материалов в теплосохраниющих пакетах

Номер теплосохраниющего пакета	Материалы слоев теплосохраниющих пакетов			Температура инертных материалов	
	внутренний слой	средний слой	наружный слой	начальная, $^{\circ}\text{C}$	конечная, $^{\circ}\text{C}$
ТСП-1	хлопок	кожа овечья	брезент	+60	+35
ТСП-2	хлопок с теплоотражателем	войлок	брезент	+60	+41
ТСП-3	брезент	войлок	брезент	+60	+32

На рисунке 8 представлены результаты экспериментальных исследований по отрыву замороженных каменистых частиц от ледяного массива. Для каменистой частицы диаметром $d_{кч} = 7,6$ мм усилие отрыва составляло $F_{отр} = 0,29$ кН (1-я точка), для каменистой частицы диаметром $d_{кч} = 10,1$ мм усилие отрыва составляло $F_{отр} = 0,37$ кН (2-я точка), а для каменистых частиц диаметрами $d_{кч} = 14,8$ мм, $d_{кч} = 16,9$ мм и $d_{кч} = 19,3$ мм усилия отрыва составляли соответственно $F_{отр} = 0,47$ кН (3-я точка), $F_{отр} = 0,52$ кН (4-я точка) и $F_{отр} = 0,58$ кН (5-я точка).

Экспериментально установлено, что рассыпанные и замороженные каменистые частицы образуют твердый поверхностный слой с определенной

шероховатостью, коэффициент сцепления колеса с дорогой на таких участках дороги повышается не только при движении, но и при торможении мобильных машин (рисунок 9).

Экспериментально определены сравнительные тормозные пути автомобиля на разных поверхностях дороги (на ледяной поверхности дороги и на ледяной поверхности дороги с «насаженными» гравийными частицами). Автомобиль разгонялся по уклону дороги до определенной скорости, и резким нажатием на педаль тормоза, приводя в неподвижное состояние колеса, доводили автомобиль до полной остановки. Происходило торможение автомобиля юзом. Измеряли путь торможения. На рисунке 10 представлены результаты экспериментальных исследований процессов торможения автомобилей на ледяной поверхности горной дороги и на ледяной поверхности с «насаженными» гравийными частицами.

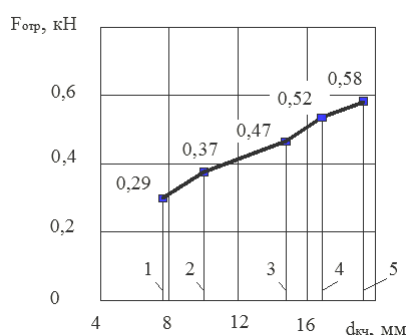


Рисунок 8 - Экспериментальные зависимости усилия отрыва каменистых частиц, замороженных в ледяном массиве, от размеров каменистых частиц

При первоначальной скорости автомобиля 20 км/ч (5,5 м/с) тормозной путь на ледяной поверхности составлял 6,1 м, а на том же участке дороги, но при наличии гравийных частиц, тормозной путь составил 2,3 м. При скорости 30 км/ч (8,3 м/с) перед торможением тормозной путь автомобиля на «чистой» ледяной поверхности составлял 7,2 м. Когда на поверхность ледяного покрова были насыпаны горячие каменистые частицы, то за счет образованной шероховатости тормозной путь сократился до 3,55 м.



Рисунок 9 - Взаимодействие пневматического колеса транспортного средства с ледяным покрытием с каменистой шероховатостью, образованной замороженными каменистыми частицами

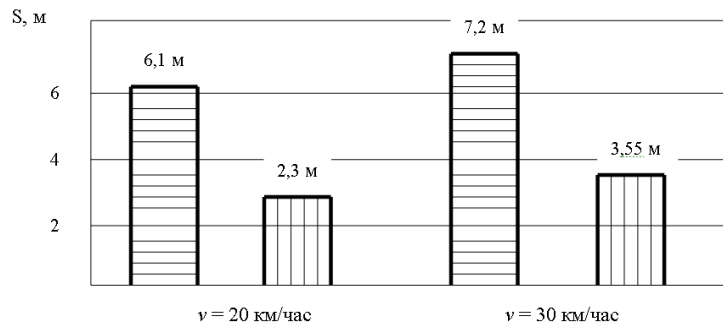


Рисунок 10 - Уровни тормозных путей автомобиля на ледяной поверхности и на ледяной поверхности с «насаженными» гравийными частицами соответственно для скоростей 20 и 30 км/ч

В пятой главе «Предложения по совершенствованию методики расчета параметров устройства для образования шероховатости на ледяной поверхности» представлены рекомендации по проектированию и расчету параметров устройства для распределения нагретых каменистых частиц на ледяную поверхность горной дороги.

Разработаны рекомендации по проектированию устройства для распределения нагретых каменистых частиц на ледяную поверхность горной дороги, позволяющие снизить энергоемкость их распределения путем снижения времени пребывания на холодном воздухе.

Разработана методика расчета, позволяющая определить основные параметры устройства для распределения нагретых каменистых частиц на ледяной поверхности горной дороги.

Энергия, необходимая для дополнительного нагрева каменистых частиц на 24 градуса по Цельсию, которые они потеряли за 5 секунд при перекачивании по уклону горной дороги при температуре воздуха -5 градусов, ледяного покрова -9 градусов по Цельсию составляет 8214 кВт·час. Экономический эффект от снижения энергии на дополнительный нагрев каменистых частиц на одну машину в год составит: $\mathcal{E} = 8214 \cdot 3 = 24642$ сома, где 3 - тарифная стоимость электрической энергии в сомах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе изложены научно - обоснованные технические разработки, обеспечивающие решение актуальной задачи зимнего содержания горных дорог.

По результатам работы можно сделать следующие выводы

1. Анализ процесса разбрасывания каменистых частиц традиционными машинами-пескоразбрасывателями показал низкую эффективность их работы на горных дорогах в связи с отскоками каменистых частиц от твердой ледяной поверхности дороги, а продольные уклоны дорог способствуют перекачиванию разбросанных каменистых частиц по наклонной ледяной поверхности.

2. Разработаны математические модели взаимодействия пневматических колес с ледяной поверхностью, которые позволяют определять тяговую силу транспортных средств на горной дороге с каменистыми шероховатостями.

3. Получены теоретические зависимости, позволяющие определять параметры распределительного барабана, углы захвата каменистых частиц и соотношения диаметров каменистых частиц и распределительного барабана устройства для образования шероховатостей на ледяном покрове горной дороги.

4. Получены уравнения регрессии процесса погружения нагретых каменистых частиц в ледяной покров горной дороги, учитывающие температуры каменистых частиц; температуры ледяного покрова и диаметра каменистых частиц.

5. Разработано устройство для распределения нагретых каменистых частиц, позволяющее образовать на ледяной поверхности дороги шероховатость, которая существенно повышает безопасность движения транспортных средств на горных дорогах.

На конструкцию устройства получен патент КР № 1377 «Устройство для образования шероховатости на ледяной поверхности дороги».

6. Экспериментальными исследованиями установлено высокая эффективность движения автомобилей по ледяной поверхности дороги с каменистыми шероховатостями. Тяговые усилия транспортных средств увеличились почти в 2 раза, а тормозные пути автомобиля сократились в среднем в 2 раза по сравнению с ледяной поверхностью без каменистых шероховатостей.

7. Разработана методика расчета параметров и рекомендации по проектированию устройства для распределения нагретых каменистых частиц по ледяной поверхности горной дороги.

Экономический эффект от снижения энергии на дополнительный нагрев каменистых частиц на одну машину в год составит примерно 25 тысяч сомов.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Гапарова, Ж.Т.** Разработка теплосохраниющих текстильных изделий для транспортного комплекса – актуальная задача [Текст] / Ж.Ж. Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова // Известия ОшГУ. – Ош, 2002. – № 1. – С. 94–99.

2. **Гапарова, Ж.Т.** Результаты исследований теплосохраниющих текстильных изделий, применяемых в дорожных машинах [Текст] / Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова, А.Камчыбеков // Энергосбережение – проблемы, современные технологии и управление: Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 2200–летию Кыргызской государственности и 70–летию д.т.н., профессора А.С.Джаманбаева / КТУ им. И.Раззакова. – Бишкек, 2003. – С. 200–207.

3. **Гапарова, Ж.Т.** Разработка и исследование теплосохраниющих текстильных изделий [Текст] / Ж.Т.Гапарова // Материалы всероссийской научно-технической

конференции. Проблемы экономики и прогрессивные технологии в текстильной, легкой и полиграфической промышленности. – Санкт-Петербург, 2004. – С. 102–107.

4. **Гапарова, Ж.Т.** Оценка свойств волокнистых отходов текстильного производства и возможности их использования [Текст] / Ж.Т.Гапарова, С.В.Зырянов // Международная научная программа НАТО «Наука ради Мира». Совершенствование технологии получения и переработки льносодержащей пряжи. – Санкт-Петербург, 2004. – С. 70–72.

5. **Гапарова, Ж.Т.** Пути использования отходов текстильного производства в Кыргызстане [Текст] / Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова // Материалы международной научно–технической конференции «Инновационные технологии: теория и практика». – Алматы: Алматинская академия бизнеса «СЫМБАТ», 2004. – С. 67–73.

6. **Гапарова, Ж.Т.** Результаты экспериментальных исследований теплосохраниющих текстильных изделий, применяемых в дорожных машинах в зимнее время [Текст] / Ж.Т.Гапарова, Ж.Ж.Тургумбаев // Материалы 47–й научно–технической конференции студентов и молодых ученых «Молодежь и наука – будущее Кыргызстана». – Бишкек: КГТУ им. И.Раззакова, 2005. – С. 118–123.

7. **Гапарова, Ж.Т.** Результаты экспериментальных исследований по улучшению сцепных свойств ледяной поверхности горной дороги [Текст] / Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова // Известия КНТУ им. И.Раззакова. – Бишкек, 2005. – № 7. – С. 24–29.

8. **Гапарова, Ж.Т.** Технология и оборудование для улучшения сцепных свойств снежной поверхности горной дороги [Текст] / Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). Выпуск 2. – Омск, 2005. – С. 81–85.

9. **Гапарова, Ж.Т.** Результаты экспериментальных исследований по оценке теплосохраниющих текстильных пакетов для борьбы с гололедицей на горной дороге [Текст] / Ж.Т.Гапарова // Известия КГТУ. Бишкек, 2006. – № 9, т. 1. – С. 177–181.

10. **Гапарова, Ж.Т.** Теоретический анализ к определению теплотерь в текстильных пакетах, используемых в дорожных машинах [Текст] / Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова // Известия КГТУ им. И.Раззакова. – Бишкек, 2006. – № 9, т. 1. – С. 169–172.

11. **Гапарова, Ж.Т.** Обзор и анализ дорожных машин для содержания горных дорог в зимнее время [Текст] / Ж.Т.Гапарова // Известия КГТУ им. И.Раззакова. – Бишкек, 2007. – № 12 – С. 40–43.

12. **Гапарова, Ж.Т.** Анализ состояний перевальных участков горных дорог Кыргызстана [Текст] / Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова // Известия КГТУ им. И.Раззакова. – Бишкек, 2007. – № 12. – С. 156–159.

13. **Гапарова, Ж.Т.** Способы борьбы с зимней скользкостью и результаты экспериментальных исследований по улучшению сцепных свойств [Текст] / Ж.Т.Гапарова, Д.Т.Маматалиев // Материалы 50–й юбилейной научно-технической конференции молодых ученых и студентов «Новая генерация ученых – будущее Кыргызстана». – Бишкек: КГТУ им. И.Раззакова, 2008. – С. 63–68.

14. **Гапарова, Ж.Т.** Обзор и анализ антискользких устройств для борьбы с гололедом в горных дорогах [Текст] / Ж.Т. Гапарова, Н.Умурзакова // Материалы 51–й юбилейной научно-технической конференции молодых ученых и студентов «Научный потенциал молодежи – будущее Кыргызстана». – Бишкек: КГТУ им. И.Раззакова, 2009. – С. 60-68.

15. **Гапарова, Ж.Т.** Результаты исследований процесса погружения нагретых каменных частиц в снежный покров дороги [Текст] / Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова // Известия КГТУ им. И.Раззакова. – Бишкек, 2009. – № 16. – С. 145–148.

16. **Гапарова, Ж.Т.** Повышение безопасности движения транспортных средств на горных дорогах в зимнее время [Текст] / Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова // Материалы Международной научно–технической конференции «Совершенствование конструкций и системы эксплуатации транспортной техники», посвященной 20-летию диссертационного совета ОД 14.11.01 и 70-летию профессора, академика международной академии транспорта Р.А.Кабашева – Алматы, 2010. – С. 132–135.

17. Пат. 1377 Кыргызская Республика, МПК E01H19/20. Устройство для образования шероховатости на ледяной поверхности дороги [Текст] / Тургумбаев Ж.Ж., Гапарова Ж.Т., Тургумбаев С.Дж.; Бишкек. - № 20100062.1; заявл.18.05.10; опубл.30.08.11, Бюл. № 8. – 9 с.

18. Пат. 1480 Кыргызская Республика, МПК E01C11/24. Аутригер грузоподъемной машины [Текст] / Тургумбаев Ж.Ж., Гапарова Ж.Т., Женишбек С.; Бишкек. - № 20110021.1; заявл.11.03.11; опубл.30.08.12, Бюл. № 8. – 10 с.

19. **Гапарова, Ж.Т.** Результаты лабораторных исследований по оценке физико-механических свойств снега [Текст] / Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова, И.Т.Башиков // Известия КГТУ им. И.Раззакова. – Бишкек, 2012. – № 27. – С. 106–109.

20. **Гапарова, Ж.Т.** Мобильное устройство для образования шероховатости на ледяной поверхности дороги [Текст] / Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова // КГТУ им. И.Раззакова. – Бишкек, 2012. – № 26. – С. 69–72.

21. **Гапарова, Ж.Т.** Определение эффективности распределения каменных частиц на ледяную поверхность горной дороги модернизированным распределительным оборудованием [Текст] / Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова // Труды международной научной конференции, посвященной памяти академика М.Я.Леонова «Современные проблемы механики сплошной среды». – 2012. – С. 408–412.

22. **Гапарова, Ж.Т.** Взаимодействие пневматических колес со снежной поверхностью горной дороги при наличии каменной шероховатости [Текст] / Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова // Наука и новые технологии. – Бишкек, 2014. – № 2. – С. 41–44.

23. **Гапарова, Ж.Т.** Особенности конструирования устройства для образования шероховатостей на ледяной дороге на Solid Works [Текст] / Ж.Т.Гапарова, Г.Темирбектегин // Известия КГТУ им. И.Раззакова. – Бишкек, 2015. – № 1 (34) – С. 122–125.

24. **Гапарова, Ж.Т.** Экспериментальное определение глубины погружения нагретых каменных частиц в ледяной слой горной дороги Кыргызстана [Текст] / Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). – Омск, 2016. № 5 (51). – С. 130-134.

25. **Гапарова, Ж.Т.** Определение параметров распределительного барабана устройства для образования каменных шероховатостей на ледяном покрытии дороги [Текст] / Ж.Т.Гапарова, Ж.Ж.Тургумбаев // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СибАДИ). Выпуск 3 (55). – Омск, 2017. – С. 16-21.

Гапарова Жанаркан Тахтауновнанын «Тоолуу жолдун муз бетине бодурукту пайда кылуучу түзүлүштү иштеп чыгуу жана параметрлерин негиздөө» темасындагы 05.05.04 – жол, курулуш жана көтөрүү-унаа машинелери адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алууга диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Түйүндүү сөздөр: түзүлүш, бөлүштүргүч барабан, желдик дөңгөлөк, тартуу күчү, тормоз жолу, таш бөлүкчөлөрү, муздуу жол катмары, бодурук.

Изилдөөнүн объектиси: муздуу толуу жолдун үстүндө бодурукту пайда кылуучу түзүлүш.

Изилдөөнүн предмети: айлана-чөйрөнүн муздак температурасына карата муз катмарынын үстүндө таштуу бодуруктун пайда болуу мыйзам ченемдүүлүктөрү.

Диссертациялык иштин максаты тоолуу жолдун муз катмарынын үстүндө таштуу бодурукту пайда кылуучу түзүлүштү жакшыртуу менен унаа каражаттарынын коопсуздугун жогорулатуу болуп саналат.

Изилдөөнүн усулдары. Жылуулук берүүнүн жана теоретикалык механиканын ыкмалары колдонулду. Эксперименттер үчүн көпфакторлуу эксперименттин ыкмасы колдонулду. Маалыматтарды өлчөө үчүн тензометрикалык аспаптар жана 8888 лазердуу термометр-аспап колдонулду.

Алынган натыйжалар жана алардын жаңычылдыгы:

- таштуу (кум) бодурукка ээ тоолуу жолунда унаа каражаттарынын тартуу күчүн аныктоого мүмкүндүк берген, желдик дөңгөлөк менен муз бетинин өз ара байланышынын математикалык модели иштелип чыкты;

- муз катмарлуу тоолуу жолунда бодурукту пайда кылуучу түзүлүштүн бөлүштүргүч барабанынын жана тартуу бурчун, ошондой эле таш бөлүкчөлөрүнүн диаметрлик катышын аныктоого мүмкүндүк берген көз карандылыктар алынды;

- муз катмарына ысытылган таш бөлүкчөлөрүнүн чөгүүлүү регрессия теңдемелери төмөнкү факторлор үчүн: таш бөлүкчөлөрүнүн температурасы; айлана-чөйрөнүн (муз) температурасы; таш бөлүкчөлөрүнүн диаметри боюнча алынды.

Колодонуу даражасы. Изилдөөлөрдүн жүрүшүндө алынган теоретикалык жана эксперименталдык изилдөөлөр жана алардын жыйынтыктары, инженерлер жана долбоорлоочулар үчүн кыш мезгилинде кыймыл коопсуздугун камсыз кылуу көз карашында өтө пайдалуу болот.

Колдонуу аймагы: Кыргыз Республикасынын унаа министрлигинин ишканаларында.

РЕЗЮМЕ

диссертации Гапаровой Жанаркан Тахтауновны на тему «Обоснование параметров и разработка устройства для образования шероховатостей на ледяной поверхности горной дороги» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.04 – дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины

Ключевые слова: устройство, распределительный барабан, пневматическое колесо, тяговое усилие, тормозной путь, каменные частицы, ледяное дорожное покрытие, шероховатость.

Объект исследования: устройство для образования шероховатостей на ледяной горной дороге.

Предмет исследования: закономерности образования каменных шероховатостей на ледяном покрытии горной дороги от холодной температуры внешней среды.

Целью диссертационной работы является повышение безопасности транспортных средств на ледяной поверхности горной дороги путем модернизации устройства для образования каменных шероховатостей.

Методы исследования: использованы методы теоретической механики и теплопередачи. Для экспериментов использованы методы многофакторного эксперимента.

Полученные результаты и их новизна:

- разработаны математические модели взаимодействия пневматических колес с ледяной поверхностью, позволяющие определить тяговую силу транспортных средств на горной дороге при наличии каменных (песчаных) шероховатостей;

- получены зависимости, позволяющие определять углы захвата и соотношения диаметров каменных частиц и распределительного барабана устройства для образования шероховатостей на ледяном покрове горной дороги;

- получены уравнения регрессии процесса погружения нагретых каменных частиц в ледяной покров горной дороги при действии следующих факторов: температуры каменных частиц; температуры окружающей среды (льда); диаметра каменных частиц.

Степень использования. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования и их результаты, полученные в ходе исследований, являются весьма полезными для инженеров и проектировщиков при эксплуатации автомобильных дорог в зимнее время с точки зрения обеспечения безопасности движения.

Область применения: на предприятиях министерства транспорта Кыргызской Республики.

SUMMARY

of the thesis of Zhanarkan Takhtakhunovna Gaparova on the theme: “Substantiation of parameters and development of the device for roughness formation on the icy surface of the mountain road” for the degree of candidate of technical sciences in a specialty 05.05.04 - road, building and hoisting-and-transport machines

Key words: device, distribution drum, pneumatic wheel, traction, braking distance, stony particles, ice road surface, roughness.

Research object: device for the formation of roughness on the icy mountain road.

Research subject: regularities of the formation of rocky roughness on the ice cover of the mountain road from the cold temperature of the external environment.

The aim of the thesis improving the possibility of wheeled propellers of vehicles on the icy surface of a mountain road by formation of rocky roughness.

Research methods: methods of theoretical mechanics and heat transfer were used. For the experiments, multifactorial experiment methods were used..

The obtained results and their novelty:

- mathematical models of interaction of pneumatic wheels with an icy surface were developed, which made it possible to determine the pulling power of vehicles on a mountain road in the presence of rocky (sandy) roughnesses;

- dependences were obtained that made it possible to determine the capture angles and the ratio of diameters of rocky particles and the distribution drum of the device for formation of roughness on the icy cover of a mountain road;

- regression equations were obtained for the process of immersion of the heated rocky particles into the icy cover of a mountain road under the influence of the following factors: temperature of rocky particles; ambient temperature (ice); diameter of rocky particles.

Application degree: conducted theoretical and experimental studies and their results, obtained during the research are very useful for engineers and designers in operation of highways at winter time from the perspective of ensuring the traffic safety.

Application field: enterprises of the Ministry of Transport of the Kyrgyz Republic.

Гапарова Жанаркан Тахтауновна

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА
ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ШЕРОХОВАТОСТЕЙ НА ЛЕДЯНОЙ
ПОВЕРХНОСТИ ГОРНОЙ ДОРОГИ**

Специальность: 05.05.04 – дорожные, строительные и подъемно-транспортные
машины

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Редактор: *А. Б. Аманкулова*

Подписано в печать 2021 г.

Формат 60x84 1/16. Объем 1,25 уч.-изд.л.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Тираж экз. Заказ

720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б
Кыргызский государственный университет
строительства, транспорта и архитектуры