

academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: sssu0810@mail.ru).

*Stolbova Svetlana Yurevna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, the associate professor, the department chair «Oil and gas business, standardization and metrology» of The Omsk state technical university (644050, Omsk, Mira Ave., 11).*

*Pronina Lilia Anatolyevna (Russian Federation, Omsk) Senior Lecturer of the Department "the Department" Geodesy and Remote Sensing "VPO Omsk GAU )( 644008, Omsk, Institutskaya Square).*

*Starovoytov Ilya Evgenyevich (Russian Federation, Omsk) – graduate student of the Department "Geodesy and Remote Sensing" VPO Omsk GAU (644008, Omsk, Institutskaya Square, 2 e-mails: sssu0810@mail.ru).*

УДК 625.89

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ПОГРУЖЕНИЯ НАГРЕТЫХ КАМЕНИСТЫХ ЧАСТИЦ В ЛЕДЯНОЙ СЛОЙ ГОРНОЙ ДОРОГИ КЫРГЫЗСТАНА

Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова

Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, г.Бишкек, Кыргызстан

**Аннотация.** Статья посвящена борьбе с гололедницей на горной дороге за счет обеспечения надлежащего сцепления горной дороги с колесами транспортных средств. Для увеличения сцепления предлагается образовать на ледяном слое горной дороги каменистую шероховатость путем рассыпки каменистых частиц (щебень, песок, гравий) в нагретом состоянии, которые погружаются в ледяной слой. В работе описаны условия проведения и результаты экспериментальных исследований. Получены экспериментальные зависимости глубины погружения каменистых частиц в ледяной слой дорожного покрытия от температуры нагрева рассыпаемых каменистых частиц для различных фракций каменистых частиц. Определены рациональные значения температуры нагрева каменистых частиц.

**Ключевые слова:** каменистые частицы, ледяной слой, шероховатость, температура нагрева, глубина погружения.

#### Введение

В Кыргызстане расположены самые высокогорные перевальные участки дорог мира. Горные дороги характеризуются крутыми подъемами и спусками, малыми радиусами поворотов в плане. Более двадцати перевалов находятся на высоте свыше 3000 м над уровнем моря. На перевальных участках дороги снежные покровы могут находиться с сентября месяца по май, а в некоторых высокогорных участках снежный покров остается практически круглый год [1]. Анализ динамики аварийности свидетельствует о росте дорожно-транспортных происшествий на горных участках дорог, особенно в зимнее время [2]. В странах СНГ и за рубежом для борьбы с гололедницей используют разбрасывающие машины, реализующие способ рассыпки холодных каменистых частиц (сыпучих материалов с зёрнами размером от 5 мм до 15 мм) на ледяные поверхности дорог [3, 4]. Однако эффективность рассыпки каменистых частиц на перевальных участках горной доро-

ги, имеющих крутые подъемы и спуски, снижается в связи с возрастанием явления отскока и прокатывания каменистых частиц по ледяной поверхности дороги вниз. Наличие уклонов горной дороги уменьшает степень сцепления каменистых частиц с ледяной поверхностью. Такое явление на горной дороге требует частой рассыпки каменистых частиц, что увеличивает стоимость зимнего содержания дорог [5, 6].

В работе излагается предлагаемая технология образования шероховатости на ледяной поверхности горной дороги, суть которой заключается в рассыпке каменистых частиц в нагретом (горячем) состоянии на ледяной слой, которые погружаются в лед, замораживаются и образуют каменистую шероховатость [7]. Определение глубин погружения каменистых частиц в ледяной слой горной дороги при различных температурах и разме-

рах каменных частиц является актуальной задачей.

### Условия проведения экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования проводились в зимнее время в натуральных условиях горной дороги Кыргызстана на высоте 3150 метров над уровнем моря (на перевале Алабел дороги Бишкек-Ош). Целью исследования являлось определение рациональной температуры нагрева каменных частиц, при которой глубина погружения нагретых каменных частиц в ледяном слое составляла примерно половину их диаметра. Экспериментальные исследования проводились при температуре ледяного слоя  $-17^{\circ}\text{C}$  (минус 17). Толщина ледяного слоя составляла 20–35 мм.

Каменные частицы были изъятые с карьеров вдоль дороги Бишкек–Ош, вблизи села Токтогул. Далее каменные частицы промывались водой и подвергались сортировке по четырем фракциям диаметром от 3,5 мм до 13 мм. Нагрев каменных частиц проводился в нагревательном устройстве исследуемой машины. Температура каменных частиц

определялась с помощью инфракрасного прибора–термометра 8888 с лазерным целеуказателем, а глубина проникновения каменных частиц в ледяной слой – штангенциркулем. Температура каменных частиц записывалась в полевой книге, а также в памяти прибора–термометра 8888.

В дальнейшем производили рассыпку нагретых каменных частиц на ледяной слой горной дороги. Каменные частицы, растапливая ледяной слой, погружались в него и замораживались. Погружение происходило за счет положительной (плюсовой) температуры каменных частиц и их сил тяжести. Замораживание нагретых каменных частиц в ледяном слое горной дороги происходило за счет отрицательной (минусовой) температуры ледяного слоя. В результате такого взаимодействия на поверхности дороги образуется каменная шероховатость (рисунки 1 и 2). Замораживание каменных частиц происходило в течение 4 – 9 секунд, в зависимости от их температуры и температуры ледяного слоя [8].



Рис. 1. Каменные частицы, разбросанные и замороженные на ледяном слое дороги



Рис. 2. Каменная шероховатость на ледяном слое дорожного покрытия

**Результаты экспериментальных исследований**

На рисунке 3 представлены графические зависимости (линии 1, 2, 3 и 4) глубины по-

гружения каменных частиц в ледяной слой дорожного покрытия от температуры нагрева рассыпаемых каменных частиц. Точками обозначены средние значения глубины погружения каменных частиц из трех повторов экспериментальных точек. Стрелками

показаны рациональные температуры нагрева каменных частиц, при которых глубины погружения их в ледяной слой составляют примерно половину величины диаметра каменных частиц.

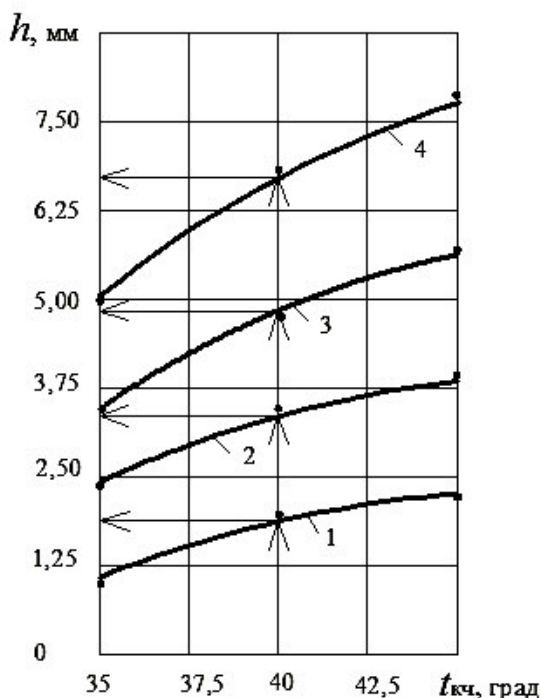


Рис. 3. Зависимости глубины погружения каменных частиц в ледяной слой от температуры каменных частиц: 1 – для фракции со средним диаметром  $d_{кч} = 3,5$  мм; 2 – для фракции со средним диаметром  $d_{кч} = 6$  мм; 3 – для фракции со средним диаметром  $d_{кч} = 9$  мм; 4 – для фракции со средним диаметром  $d_{кч} = 13$  мм

Как видно из рисунка 3, при повышении температуры каменных частиц  $t_{кч}$  от  $35^{\circ}\text{C}$  до  $45^{\circ}\text{C}$ , глубина погружения каменных частиц в ледяной слой  $h$  возрастает по криволинейным зависимостям с выпуклостью вверх. С увеличением диаметра каменных частиц глубина их погружения в ледяной слой увеличивается в указанных пределах изменения температуры нагрева каменных частиц. При температуре  $40^{\circ}\text{C}$  каменные частицы со средним диаметром  $d_{кч} = 3,5$  мм погружались на глубину в среднем  $1,8$  мм, а каменные частицы со средним диаметром  $d_{кч} = 13$  мм погружались на глубину в среднем  $6,4$  мм. Наибольшая глубина погружения

каменных частиц в ледяной слой ( $h = 7,64$  мм) наблюдалась для фракции со средним диаметром  $13$  мм при температуре нагрева на  $45^{\circ}\text{C}$ . Увеличение глубины погружения в ледяной слой с ростом диаметра каменных частиц объясняется увеличением силы тяжести, которая способствует погружению и повышенным накоплением (пропорционально массе каменных частиц) энергии при их нагреве.

Значения глубин погружения каменных частиц в ледяной слой для всех фракций в пределах изменения температуры нагрева каменных частиц представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения глубин погружения каменных частиц в ледяной слой

| Средний диаметр фракций каменных частиц | Глубина погружения при температуре нагрева $t_{кч} = 35^{\circ}\text{C}$ , мм | Глубина погружения при температуре нагрева $t_{кч} = 40^{\circ}\text{C}$ , мм | Глубина погружения при температуре нагрева $t_{кч} = 45^{\circ}\text{C}$ , мм | Изменение глубины погружения в пределах от $t_{кч} = 35^{\circ}\text{C}$ до $t_{кч} = 45^{\circ}\text{C}$ , мм |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $d_{кч} = 3,5$ мм                       | 1,13                                                                          | 1,8                                                                           | 2,32                                                                          | 1,19                                                                                                           |
| $d_{кч} = 6$ мм                         | 2,37                                                                          | 3,5                                                                           | 3,82                                                                          | 1,45                                                                                                           |
| $d_{кч} = 9$ мм                         | 3,61                                                                          | 4,8                                                                           | 5,53                                                                          | 1,92                                                                                                           |
| $d_{кч} = 13$ мм                        | 5,09                                                                          | 6,4                                                                           | 7,64                                                                          | 2,55                                                                                                           |

Изменение глубины погружения каменных частиц в ледяной слой дорожного покрытия возрастает с увеличением размеров каменных частиц по мере роста температуры каменных частиц в указанных пределах. Так, для фракции каменных частиц со средним диаметром  $d_{кч} = 3,5$  мм изменение глубины погружения составляла 1,19 мм (от 1,13 мм при температуре нагрева  $35^{\circ}\text{C}$  до 2,32 мм при температуре нагрева  $45^{\circ}\text{C}$ ). Изменение глубины погружения каменных частиц для фракции со средним диаметром  $d_{кч} = 13$  мм составляла 2,55 мм (от 5,09 мм при температуре нагрева  $35^{\circ}\text{C}$  до 7,64 мм при температуре нагрева  $45^{\circ}\text{C}$ ). Глубины погружения каменных частиц в ледяной слой при температуре  $40^{\circ}\text{C}$  для указанных фракций соответственно составляли 1,8 мм и 6,4 мм.

В соответствии с графиками, представленными на рисунке 3 можно сделать вывод, что для фракций каменных частиц с размерами от  $d_{кч} = 3,5$  мм до  $d_{кч} = 13$  мм рациональным значением температуры нагревания каменных частиц является температура  $40^{\circ}\text{C}$ . В этих условиях глубина погружения каменных частиц в ледяной слой горной дороги составляет примерно половину их диаметра.

**Выводы**

1. Экспериментально установлено, что при фиксированных значениях температуры нагрева каменных частиц глубина погружения каменных частиц в ледяной слой дорожного покрытия увеличивается с ростом размера каменных частиц. Это объясняется увеличением силы тяжести погружаемых каменных частиц и повышением накопления энергии при их нагреве.

2. В результате экспериментальных исследований установлено, что рациональным значением температуры нагревания каменных частиц для образования каменной шероховатости является температура  $40^{\circ}\text{C}$

при температуре ледяного слоя дорожного покрытия горной дороги минус  $17^{\circ}\text{C}$ .

**Библиографический список**

1. Шаршембиев, Ж.С. Анализ природно-климатических факторов, влияющих на показатели эксплуатационных свойств колесных машин в горных условиях / Ж.С.Шаршембиев // Известия ВУЗов. – Бишкек, 2011. – № 7. – С. 17–21.
2. Барпиев, А.Ж. Влияние увеличения интенсивности движения автомобилей по горным дорогам на количество ДТП / А.Ж.Барпиев, Г.Дж.Джолдошева // Наука и новые технологии. – Бишкек, 2014. – № 2. – С. 25-27.
3. A Practical Guide for Snow and Ice Control: The Snowfighter's Handbook. – Alexandria, Virginia, USA: The Salt Institute, 2013. – 24 p.
4. Walus K.J. Analysis of Tire-road Contact Under Winter Conditions / K.J.Walus, Z.Oslewski // Proceedings of the World Congress on Engineering. Vol. III, July 6 – 8, 2011, London, UK. – pp 2381-2384.
5. Гомонай, М.В. Способы повышения безопасности движения автомобильного транспорта на дорогах с низким коэффициентом сцепления / М.В.Гомонай, А.Д.Игнатьев // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 5. – С. 20-22.
6. Веюков Е.В. Технологии строительства и очистки ото льда лесовозных дорог с антигололедным покрытием: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.21.01 / Е.В.Веюков; - науч. рук. проф. М.Г.Салихов; Поволж. гос. технол. ун-т. - Йошкар-Ола, 2013. – 20 с.
7. Пат. 1377 КР: МПК Е 01 Н 10/00: Устройство для образования шероховатости на ледяной поверхности дороги / Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова, С.Дж.Тургумбаев; КГТУ. - № 20100062.1; заявл. 18.05.2010; опубл. 30.08.2011, Бюл. № 8. – С. 9.
8. Тургумбаев Ж.Ж. Взаимодействие пневматических колес со снежной поверхностью горной дороги при наличии каменной шероховатости / Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова // Наука и новые технологии. – Бишкек, 2014. – № 2. – С. 41–44.

**EXPERIMENTAL DETERMINATION  
OF THE DEPTH OF HEATED  
ROCKY PARTICLES IMMERSION IN THE ICE  
LAYER OF KYRGYZSTAN MOUNTAIN ROAD**

J.J.Turgumbaev, Zh.T.Gaparova

**Abstract.** *The article is devoted to the fight against sleet mountain road by ensuring proper adhesion of a mountain road with the wheels of vehicles. To increase traction on the ice offered to form a layer of rocky mountain road roughness by wastage rocky particles in the heated state with an ice layer. The paper describes the conditions and the results of experimental studies. The experimental dependence of the depth of immersion of rocky particles in the ice layer of pavement on the heating temperature are scattered rocky particles for various fractions of rocky particles. Rational values defined temperature heating rocky particles.*

**Keywords:** *rocky particles, ice layer, the roughness, the heating temperature, diving depth.*

### References

1. Sharshembiev Zh.S. Analiz prirodno-klimaticeskikh faktorov, vliuishih na pokazateli ekspluatatsionnykh svoystv kolesnykh mashin v gornyykh usloviyakh [Analysis of climatic factors influencing the performance properties of wheeled vehicles in the mountains]. *Izvestiya vuzov*. – Bishkek, 2011, no 7, pp. 17-21.
2. Barpiev, A.Zh., Zholdosheva G.Zh. Vlianie uvelicheniya intensivnosti dvizheniya avtomobilei po gornym dorogam na kolichestvo DTP [The Influence of increasing intensity of car traffic on mountain roads the number of traffic accidents]. *Science and New Technologies*. – Bishkek, 2014, no 2, pp. 25-27.
3. A Practical Guide for Snow and Ice Control: The Snowfighter's Handbook. – Alexandria, Virginia, USA: The Salt Institute, 2013. – 24 p.
4. Walus K.J. Analysis of Tire-road Contact Under Winter Conditions. Proceedings of the World Congress on Engineering. Vol. III, July 6 – 8, 2011, London, UK. – pp. 2381-2384.
5. Goman, M.V., Ignat'ev A.D. Sposoby povysheniya bezopasnosti dvizheniya avtomobil'nogo transporta na dorogah s nizkim koeffitsientom steplenia [Ways to improve the safety of road transport on roads with a low coefficient of adhesion]. *Stritel'nye i dorozhnye mashiny*, 2014, no 5, pp. 20-22.
6. Veukov E.V. *Technologii stroitel'stva i ochistki oto l'da lesovoznykh dorog s antigoleddnym pokrytiem* [Technology of building and cleaning of ice logging roads with anti-icing coating]: author. dis... candidate. tech. Sciences : 05.21.01 / E.V.Veukov; - scientific. hands. Professor M.G. Salikhov; Powolj. State Indus. University - Yoshkar-Ola, 2013. – 20 p.
7. Turgumbaev J.J., Gaparova Zh.T., Turgumbaev S.Zh. *Ustroistvo dlia obrazovaniya sherohovatosti na ledianoi poverhnosti dorogi* [Device for the formation of roughness on the ice surface road]. Patent KR, no 20100062.1, 2011.
8. Turgumbaev J.J., Gaparova Zh.T. *Vzaimodeistvie pnevmaticheskikh koles so snezhnoi poverhnost'iu gornoi dorogi pri nalichii kamenistoi sherohovatosti* [The Interaction of pneumatic wheels with snow surface mining road in the presence of rocky roughness]. *Science and New Technologies*. – Bishkek, 2014, no 2, pp. 41-44.

*Тургумбаев Женишбек Жумадылович (Бишкек, Кыргызстан) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры “Механика и промышленная инженерия” Кыргызского государственного технического университета (КГТУ) им. И.Раззакова (720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова, 66, e-mail: t\_jenish@mail.ru).*

*Гапарова Жанаркан Тахтакуновна (Бишкек, Кыргызстан) – старший научный сотрудник НИИ физико-технических проблем при КГТУ им. И.Раззакова (720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова, 66, e-mail: janar\_2018@mail.ru).*

*Turgumbaev Jenishbek Jumadilovich (Bishkek, Kyrgyzstan) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Department of Mechanics and industrial engineering of the Kyrgyz State Technical University (KSTU) named after I.Razzakov (720044, Bishkek, Ch.Aitmatov ave., 66, e-mail: t\_jenish@mail.ru).*

*Gaparova Zhanarkan Takhtakhunovna (Bishkek, Kyrgyzstan) – Senior Researcher, Research Institute of Physical and Technical Problems under the KSTU named after I.Razzakov (720044, Bishkek, Ch.Aitmatov ave., 66, e-mail: janar\_2018@mail.ru).*

УДК 624.273

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СОСТАВНЫХ ПРОГОНОВ ИЗ БРЕВЕН С СОЕДИНЕНИЯМИ НА ГЛУХИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ НАГЕЛЯХ, ЗАЩЕМЛЕННЫХ В СТАЛЬНЫХ ПЛАСТИНАХ

В.А. Уткин, Н.В. Синиговская

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия «СибАДИ», Омск, Россия;

**Аннотация.** *Настоящая статья посвящена исследованию разработанных на кафедре мостов пролетных строений с составными прогонами из бревен, объединяемых для совместной работы посредством глухих цилиндрических нагелей, заделанных*