

ВВЕДЕНИЕ

Борьба со скользкостью – важнейшая проблема содержания дорожных покрытий в зимнее время [1, 2]. Особую опасность для транспортных средств составляет езда по горным дорогам, имеющим крутые подъемы и спуски [3, 4]. Применяемые в настоящее время химические концентраты (смесь соли с песком) для борьбы с гололедицей являются экологически вредными и могут нанести урон растительности [5, 6]. Одним из распространенных способов борьбы со скользкостью является посыпка ледяных покрытий песком. Однако на горных дорогах эффективность посыпки песка на ледяное покрытие имеет низкую эффективность в связи с трудностью обеспечения зацепления (удерживания) холодных песков на наклонных участках дороги, и на этих опасных участках остается малое количество разбросанных песков [7].

В Кыргызском Государственном техническом университете им. И.Раззакова разработано устройство для образования шероховатостей на ледяном покрытии дороги [8]. Устройство способствует образованию шероховатостей на ледяной поверхности горной дороги путем рассыпки горячих каменных частиц на ледяное покрытие дороги. Каменные частицы утапливаются в ледяном покрытии за счет наличия положительной температуры и силы тяжести. Идея заключается в использовании холодной температуры ледяного покрытия и в замораживании каменных частиц на ледяном покрытии горной дороги. В работе изложена методика определения угла захвата каменной частицы и наружного диаметра распределительного барабана в зависимости от размера каменных частиц.

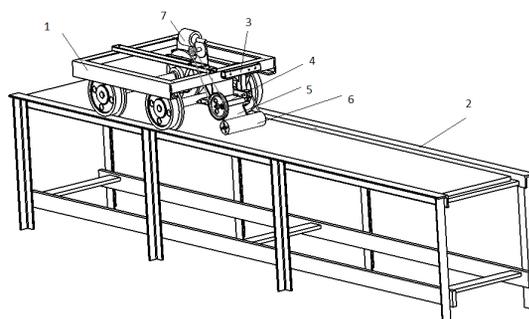
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ НА ЛЕДЯНОМ ПОКРЫТИИ ДОРОГИ

Устройство (рисунок 1) содержит передвижную тележку 1, которая передвигается по направляющим рельсам 2, установленный на тележке бункер 3, ленточный транспортер 4, смонтированный в нижней части бункера 2, наклонный лоток 5, прикрепленный к задней части бункера 2, распределительный барабан 6 с втулкой. Ленточный транспортер приводится в движение с помощью электродвигателя 7. Основным преимуществом данной установки является обеспечение минимального времени пребывания на холодном воздухе нагретых каменных частиц путем сокращения траектории

их движения от бункера до укладки на ледяном покрытии дороги.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ЗАХВАТА И НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО БАРАБАНА

Необходимым условием эффективной работы устройства для образования шероховатостей на ледяном покрытии 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 надлежащее трение между каменными частицами и резиновой втулкой распределительного барабана.



*Рис. 1. Общий вид установки для образования шероховатости на ледяном покрытии дороги:
1 – передвижная тележка; 2 – направляющие рельсы; 3 – бункер; 4 – ленточный транспортер; 5 – наклонный лоток; 6 – распределительный вал с упругой втулкой; 7 – привод ленточного транспортера*

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 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 устройства для распределения каменных частиц и вращательного движения распределительного барабана вокруг собственной оси происходит втягивание каменной частицы в резиновую втулку распределительного барабана.

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

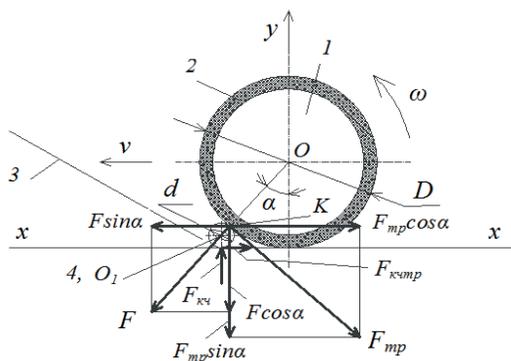


Рис. 2. Расчетная схема взаимодействия каменной частицы с распределительным барабаном

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

На ледяном покрытии в точке контакта с каменной частицей возникает реакция F_{kch} на каменную частицу от силы давления F . В свою очередь, эта сила реакции F_{kch} вызывает появление силы трения F_{kchmp} . Силой тяжести каменной частицы пренебрегаем ввиду ее незначительной величины.

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

$$F \cdot \sin \alpha \leq F_{mp} \cdot \cos \alpha + F_{kchmp} . \quad (1)$$

Распишем:

$$F \cdot \sin \alpha \leq F \cdot f \cdot \cos \alpha + F_{kch} \cdot f_1 , \quad (2)$$

где f – коэффициент трения между резиновой втулкой распределительного барабана с ка-

менистой частицей; f_1 – коэффициент трения между ледяным покрытием дороги с каменной частицей; α – угол захвата каменной частицы.

По вертикальной оси y составляем уравнение равновесия проекции указанных сил (рис. 2)

$$F_{kch} - F \cdot \cos \alpha - F_{mp} \cdot \sin \alpha = 0 , \quad (3)$$

или

$$F_{kch} - F \cdot \cos \alpha - F \cdot f \cdot \sin \alpha = 0 , \quad (4)$$

отсюда

$$F_{kch} = F(\cos \alpha + f \cdot \sin \alpha) . \quad (5)$$

Подставляя значения реакции F_{kch} в уравнение (2) получаем неравенство

$$F \cdot \sin \alpha \leq F \cdot f \cdot \cos \alpha + F \cdot f_1(\cos \alpha + f \sin \alpha) . \quad (6)$$

Обе части неравенства разделим на $F \cdot \cos \alpha$, тогда

$$\operatorname{tg} \alpha \leq f + f_1 + f_1 \cdot f \cdot \operatorname{tg} \alpha . \quad (7)$$

Производим преобразования:

$$\operatorname{tg} \alpha - f_1 \cdot f \cdot \operatorname{tg} \alpha \leq f_1 + f ; \quad (8)$$

$$\operatorname{tg} \alpha(1 - f_1 \cdot f) \leq f_1 + f , \quad (9)$$

или

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{f_1 + f}{1 - f_1 \cdot f} . \quad (10)$$

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

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi}{1 - \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi} , \quad (11)$$

где φ_1 – угол трения между каменной частицей и ледяным покрытием дороги; φ – угол трения между каменной частицей и резиновой втулкой распределительного барабана.

Как видно из последней зависимости (11), угол захвата зависит от углов трения между каменной частицей с резиновой втулкой распределительного барабана и ледяным покрытием горной дороги.

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

Диаметр резиновой 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

$$\left(\frac{D}{2} + \frac{d}{2}\right) \cdot \cos \alpha = \frac{D}{2} - \frac{d}{2}. \quad (12)$$

Решая относительно $\frac{D}{d}$ получаем

$$\frac{D}{2} \cdot \cos \alpha - \frac{D}{2} = -\frac{d}{2} \cdot \cos \alpha - \frac{d}{2}. \quad (13)$$

Умножаем это уравнение на – 1:

$$\frac{D}{2} - \frac{D}{2} \cdot \cos \alpha = \frac{d}{2} + \frac{d}{2} \cdot \cos \alpha, \quad (14)$$

далее умножаем на 2:

$$D \cdot (1 - \cos \alpha) = d \cdot (1 + \cos \alpha), \quad (15)$$

и разделив на d окончательно получаем:

$$\frac{D}{d} = \frac{1 + \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}. \quad (16)$$

Подставляя значения угла захвата α по зависимости (11), получаем соотношения размеров каменных частиц и распределительного барабана.

Определим численные значения. Принимая угол трения между каменной частицей и резиной $\varphi = 18^\circ$ ($f = 0,32$), угол трения между каменной частицей и ледяным покрытием горной дороги $\varphi_1 = 3^\circ$ ($f_1 = 0,05$), находим: угол захвата

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi}{1 - \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi} = \frac{0,052 + 0,325}{1 - 0,052 \cdot 0,325} = 0,384, \quad (17)$$

откуда

$$\alpha = 21^\circ.$$

Определяем соотношение $\frac{D}{d}$

$$\frac{D}{d} = \frac{1 + \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} = \frac{1 + 0,934}{1 - 0,934} = 29,2. \quad (18)$$

ВЫВОД

Получены зависимости, позволяющие определить угол захвата каменных частиц и соотношение наружного диаметра втулки распределительного барабана от диаметра каменной частицы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александров А.С., Александрова Н.П. Некоторые особенности расчета втапливания шероховатостей в упруговязкопластический материал дорожного покрытия. // Автомобильные дороги и мосты. 2003 № 1. — С. 12-19.
2. A Practical Guide for Snow and Ice Control: The Snowfighter's Handbook. — Alexandria, Virginia, USA: The Salt Institute, 2013. — 24 p.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Joseph Stromberg. What Happens to All the Salt We Dump On the Roads? Smithsonian.com. January 6, 2014. Read more: <http://www.smithsonianmag.com/science-nature/what-happens-to-all-the-salt-we-dump-on-the-roads-180948079/> № 4Ckkj7jb4xBd9971.99.
7. Гапарова, Ж.Т. Технология и оборудование для улучшения сцепных свойств снежной поверхности горной дороги / Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). Выпуск 2. — Омск, 2005. — С. 81–85.

8. 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.

баев, Ж.Т.Гапарова, С.Дж.Тургумбаев; КГТУ. - № 20100062.1; заявл. 18.05.2010; опубл. 30.08.2011, Бюл. № 8. – С. 9.

DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF ROCKY ROUGHNESS FORMATION DEVICE'S ON AN ICE-COVERED ROAD

Zh.T.Gaparova, J.J.Turgumbaev

Abstract. *The article is devoted to the definition of the parameters of the device to form roughness on the icy road surface. This paper describes the design features of the device to form roughness on the icy road surface, which allows the formation of irregularities on the icy surface of a mountain road due to wastage on an icy road surface the hot rocky particles. The rocky particles are recessed in the ice cover due to the positive temperature and their own gravity. A design scheme of interaction of the distribution of the drum with a rubber sleeve with rocky particle was work out. The conditions involving rocky particle distribution drum are pointed. The dependences, for determining angles of stony particles and capture the outer diameter of the distributor drum are found.*

Keywords: *distribution drum, gripping angle, coefficient of friction of the ice cover, the roughness, rocky particles.*

REFERENCES

1. Alexandrov A.S., Alexandrova N.P. Nekotorye osobennosti rascheta vtaplivania sherohovatostei v uprugoviazkoplachestkii material dorozhnogo pokrytia [Some peculiarities of calculation embed roughness in elastoviscoplastic material of the road surface]. Roads and bridges - 2003, no 1, pp. 12-19.

2. A Practical Guide for Snow and Ice Control: The Snowfighter's Handbook. – Alexandria. Virginia, USA: The Salt Institute, 2013, pp. 24.

3. Barpiev A.Zh., Zholdosheva G.Zh. Vlianie uvelichenia intensivnosti dvizhenia 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.

4. Sharshembiev Zh.S. Analiz prirodno-klimaticheskikh faktorov, vliuushih na pokazateli eksploatacionnykh 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.

5. 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.

6. Joseph Stromberg. What Happens to All the

Salt We Dump On the Roads? Smithsonian.com. January 6, 2014. Read more: <http://www.smithsonianmag.com/science-nature/what-happens-to-all-the-salt-we-dump-on-the-roads-180948079/> № 4Ckkj7jb4xBd9971.99.

7. Turgumbaev J.J., Gaparova Zh.T. Tekhnologia i oborudovanie dlia uluchshenia stsepynykh svoystv snejnoi poverhnosti gornoj dorogi [Technology and equipment to improve grip properties of the snow surface mining road]. Vestnik SibADI – Omsk, 2005, no 2 – pp. 81-85.

8. Turgumbaev J.J., Gaparova Zh.T., Turgumbaev S.Zh. Ustroistvo dlia obrazovaniya sherohovatosti na ledianoi poverhnosti dorogi [The device for the formation of roughness on the ice surface road]. Patent KR, no 20100062.1, 2011.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гапарова Жанаркан Тахтауновна (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).

Gaparova Zhanarkan Tahtahunovna (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).

