

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ПРОХОДИМОСТИ ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ КОЛЕСНЫХ МАШИН ПО ЗАСНЕЖЕННОМУ КОСОГОРУ

Вахидов У.Ш.

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева», Нижний Новгород, Россия (603950, ГСП-41, Н. Новгород, ул. Минина, д. 24), e-mail: umar-vahidov@mail.ru

В статье рассматривается движение колесных машин по заснеженному склону в горных условиях. Приведены данные о влиянии средств повышения проходимости на изменение тягово-сцепных свойств колесных машин. Приводятся графики зависимости запаса силы тяги для машин, оснащенных следующими средствами повышения проходимости: одиночные колеса при разных давлениях, сдвоенные колеса, дискретные уширители с 14 и 8 элементами, ленточные уширители, пневмогусеница. Анализируются приведенные данные с точки зрения применимости в горных районах Российской Федерации. Критерием применимости различных средств проходимости является повышение проходимости при сохранении управляемости на заснеженных склонах. Анализ полученных данных был проведен также с точки зрения работоспособности в горных условиях эксплуатации, отличающихся наличием большого числа связно-фрикционных материалов и камней разного размера.

Ключевые слова: проходимость и управляемость колесных машин, средства повышения проходимости.

CHOICE OF RATIONAL MEANS OF INCREASE OF FLOTATION ABILITY FOR MOVEMENT OF WHEEL CARS ON THE SNOW-COVERED SLOPE

Vakhidov U.S.

Nizhny Novgorod State Technical University. REAlekseyev, Nizhny Novgorod, Russia (603950, Nizhny Novgorod, street Minin, 24), e-mail: umar-vahidov@mail.ru

In article movement of wheel cars on a snow-covered downslope in mountain conditions is considered. Data on influence of means of increase of flotation ability on change of traction and coupling properties of wheel cars are provided. Schedules of dependence of a stock of tractive effort for cars equipped with the following means of increase of flotation ability are provided: single wheels at different pressure, twin wheels, discrete expanders with 14 and 8 elements, tape expanders, a pneumocaterpillar. The provided data from the point of view of applicability in mountain regions of the Russian Federation are analyzed. Criterion of applicability of various means of flotation ability is flotation ability increase at roadability preservation on snow-covered downslopes. The analysis of the received data was carried out also the points of view of working capacity in the mountain service conditions, differing by existence of a large number of coherent and frictional materials and stones of the different size.

Key words: flotation ability and roadability of wheel cars, means of increase of flotation ability.

Рассмотрим влияние средств повышения проходимости на изменение тягово-сцепных свойств колесных машин, основываясь на исследованиях, проведенных в работах [1; 5]. На рис. 1 показаны теоретические зависимости изменения показателя проходимости от глубины снежного покрова для колесного движителя, оснащенного различными средствами повышения проходимости. В качестве критерия для оценки проходимости используют показатель запаса силы тяги, который определяется выражением: $\Delta P_\phi = P_\phi - P_f$, где ΔP_ϕ – запас силы тяги по сцеплению, P_ϕ – сила тяги машины по сцеплению, P_f – сопротивление движения машины.

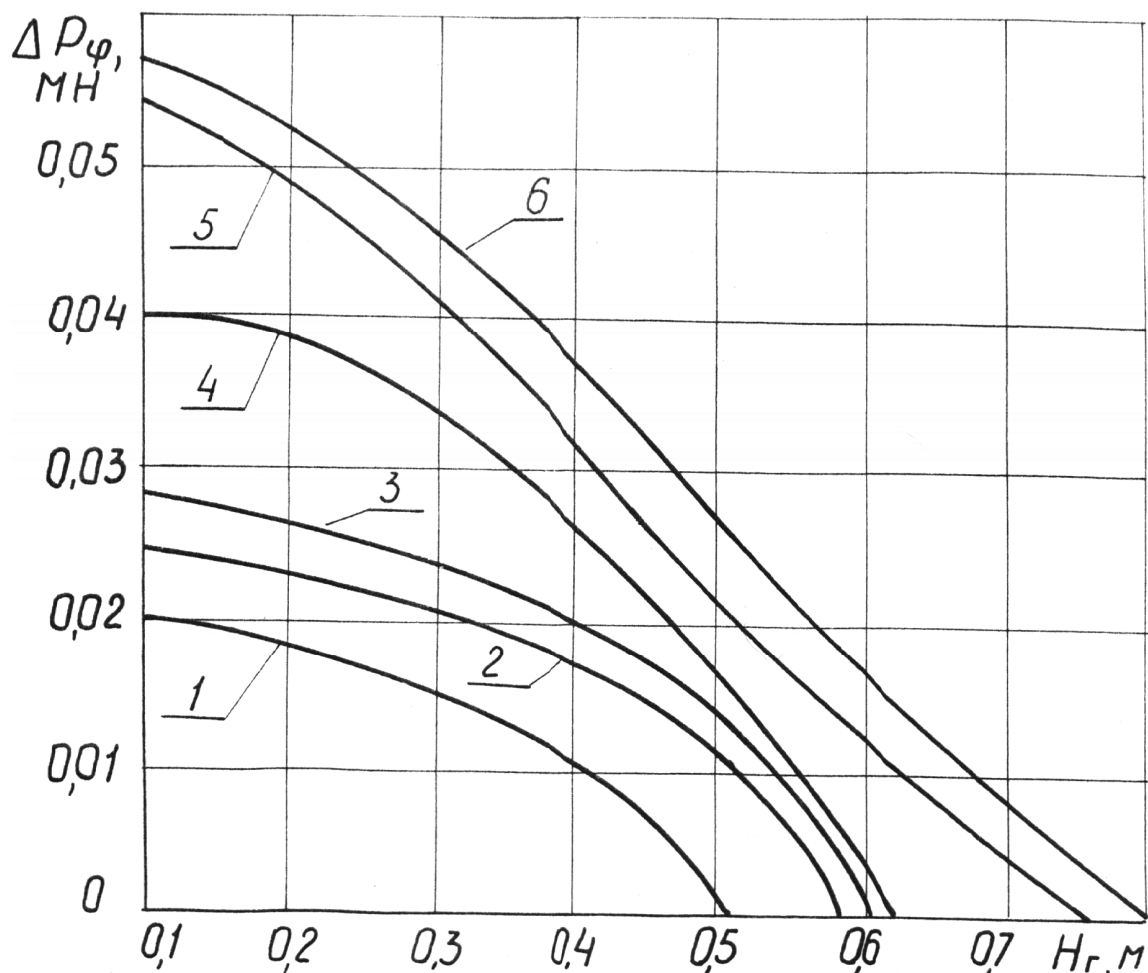


Рис. 1. Зависимость показателя проходимости от толщины снежного покрова для колесного движителя 8x8, оснащенного различными средствами повышения проходимости:

- 1 - 8x8, одиночные И-112, $p_w=0,25$ МПа;
- 2 - 8x8, одиночные И-112, $p_w=0,05$ МПа;
- 3 - 8x8, двойные И-112, $p_w=0,15$ МПа;
- 4 - 8x8, дискретные уширители 14 элементов, $p_w=0,05$ МПа;
- 5 - 8x8, ленточные уширители, $p_w=0,25$ МПа;
- 6 - 8x8, гусеница, $p_w=0,15$ МПа [1].

Экспериментальные исследования машины, оснащенной двойными колесами, показали, что тягово-сцепные свойства его улучшаются в том случае, если давление воздуха в шинах больше 0,1 МПа. При меньших давлениях сцепление двухкатных колес с полотном пути становится одинаковым с однокатными колесами, а при дальнейшем уменьшении давления становится даже меньше в среднем на 10%. Это объясняется неоднородностью сцепных свойств снега при различных уровнях деформации снежного покрова. С увеличением сжатия возрастает плотность снега и, как следствие, его сцепные свойства. Поэтому при снижении давления воздуха в шинах двойных колес их осадка в снег уменьшается, и сцепление с полотном пути падает. Машина с однокатными колесами имеет

меньшую массу, а так как при снижении массы машины уменьшается осадка в снег, то движитель взаимодействует с менее деформированным снегом, сцепные свойства которого ниже, чем снега при больших деформациях. В этом случае преобладающее влияние на сцепление колес с полотном пути оказывает площадь контакта. Поэтому при снижении давления воздуха в шинах одинарных колес сцепление движителя с полотном пути возрастает.

Несмотря на возрастание площади контакта сдвоенных колес со снегом (по сравнению с одинарными), из-за увеличения общей массы машины улучшение тягово-сцепных качеств их на снеге наступает лишь при большем (чем у одинарных) давлении воздуха в шинах. Результаты замеров силы сопротивления движению (P_f) специальной колесной машины ГПИ-3901 с односкатными и двухскатными вариантами ходовой части показывают, что сопротивление движению по снегу возрастает с увеличением давления воздуха в шинах. Так, независимо от варианта ходовой части машины, изменение давления воздуха в шинах от 0,05 до 0,25 МПа ведет к возрастанию силы сопротивления движению в 1,5–1,8 раза. Это обусловлено тем, что, несмотря на снижение гистерезисных потерь в шинах, увеличение давления воздуха ведет к возрастанию давления воздуха на снег, глубины следа и работы на деформацию снежного покрова. Сила сопротивления движению машины с двухскатными колесами в среднем на 25% больше, чем с односкатными.

Если проанализировать односкатный и двухскатный варианты движителя колесных машин по показателю проходимости, то становится ясно, что с возрастанием внутреннего давления воздуха в шинах преобладающее значение приобретает двускатный движитель на 50–70%, а при снижении давления в шинах – односкатный на 25–50%. Однако экспериментальные исследования проводились на снежной целине с глубиной покрова не более 0,5 м, и такой мощный фактор формирования сопротивления движению, как посадка машины на днище, исключался. С учетом сопротивления движению от взаимодействия днища машины со снегом для двухскатного движителя показатель проходимости становится хуже на 5–15%.

Наряду с выше сказанным необходимо учитывать также следующие недостатки, возникающие при установке сдвоенных колес: 1) увеличение полной и неподрессоренной масс машины; 2) ухудшение плавности хода; 3) увеличение динамических нагрузок в ходовой части; 4) увеличение габаритной ширины машины; 5) ухудшение поворотливости машины из-за возрастания сопротивления повороту и образования межскатного грунтового (снежного) холма. Таким образом, можно сделать вывод, что применение движителя с двухскатными колесами в качестве средства повышения проходимости для колесных машин

мало эффективно.

Установка на машину ГПИ-3901 колес с широкопрофильными шинами типа 1200x500x508 не дала ощутимых результатов для повышения проходимости. Это объясняется тем, что нагрузка на колесо машины втрое меньше ее номинальной несущей способности. Вследствие этого деформация шины практически не происходит (даже при очень малых внутренних давлениях воздуха 0,025 МПа) и площадь контакта их с полотном пути лишь незначительно возрастает по сравнению с одинарными шинами модели И-112 (13.00-18). Применение широкопрофильных шин модели 1200x500x508 в качестве средства повышения проходимости полноприводных колесных машин с полной массой 100000–120000 Н не перспективно. Шины этого типа целесообразно использовать на машинах с полной массой 200000–250000 Н.

Проведенные в ОНИЛВМ НГТУ на специальной машине ГПИ-3901 экспериментальные исследования [1; 5] цепей противоскольжения на сыпучих и слабонесущих дорожно-грунтовых поверхностях (снег) не дали желаемых результатов. Наряду со значительным приростом силы тяги (в среднем на 40%) имеет место процесс интенсивного увеличения глубины колеи (до половины диаметра колеса), что приводит к значительному, на 60–80%, увеличению силы сопротивления движению. Экспериментальные исследования цепей противоскольжения на снежной целине глубиной больше 0,35 м не дали желаемого результата по улучшению проходимости.

Применение уширителей позволяет заметно (почти в два раза) улучшить тягово-сцепные качества движителя [9]. Однако перенос дискретных эластичных уширителей с гусеницы на колесо оказался неоднозначным с точки зрения повышения проходимости. Так установка на колесо семи элементов при увеличении толщины снежного покрова приводит к возрастанию сопротивления движению за счет увеличения экскавационных эффектов, производимых уширителями. Как следствие этого, даже при возрастании тягового усилия на 3–5%, показатель проходимости уменьшается на 5–8%. Таким образом, колесная односкатная машина и машина, оснащенная семиэлементными дискретными уширителями на каждое колесо, имеет равные возможности по проходимости на снежной целине. Установка на колесо 14-ти элементных дискретных эластичных уширителей обеспечивает прирост силы тяги на снежной целине на 18–19% при уменьшении силы сопротивления движению на 29–30%. При этом показатель проходимости для колесной машины с дискретными уширителями возрастает в среднем на 20–25%. Это наглядно видно на теоретических диаграммах (кривые 1 и 4, рис. 1). Значительное увеличение сопротивления движению связано с интенсивной экскавацией снега элементами дискретного уширителя, которые выступают в роли мощных грунтозацепов, разрушающих полотно пути.

Таким образом, в качестве наиболее приемлемого средства повышения проходимости колесных машин при движении по горам можно рекомендовать использовать шины с регулируемым давлением. Рост проходимости в данном случае составит до 20%. При этом данные средства уже заложены в конструкцию машин. Применение двускатных и широкопрофильных шин также приводит к аналогичному росту проходимости, однако при этом усложняется конструкция и снижается управляемость машины, в особенности при повороте на склоне. Дискретные уширители также приводят к росту проходимости при прямолинейном движении, но при этом они разрыхляют боковые поверхности колеи, что при движении по косоугору приведет к потере устойчивости и дополнительному сползанию машины вниз, что в свою очередь вызовет рост сопротивления. Также установка уширителей требует доработки конструкции. Поэтому данные средства использовать не целесообразно. Использование плечевых цепей противоскольжения не дает должного эффекта. Применение же легких съемных гусениц и ленточных уширителей позволяет повысить проходимость при прямолинейном движении на 32–40%, однако данное средство можно использовать только на колесных машинах, не имеющих управляемых колес. Однако, как показали исследования [2–4; 7; 8], в связи со значительным ростом экскавационно-бульдозерного сопротивления с боковой стороны колес при повороте на склоне суммарная проходимость останется недостаточной и сопоставимой с машинами с управляемыми колесами, притом что происходит усложнение и удорожание конструкции. Также нужно отметить, что вследствие наличия в горной местности связно-фрикционных материалов [6; 10], а также камней разного размера применение всех специальных средств повышения проходимости теряет смысл из-за низкой надежности.

Список литературы

1. Беляков В.В. Взаимодействие со снежным покровом эластичных движителей специальных транспортных средств : дис. ... док. тех. наук: 05.05.03. – Н. Новгород, 1999. – 485 с.
2. Беляков В.В. Оценка эффективности специальных транспортных средств при движении по снегу / В.В. Беляков [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2012. – № 2 – С. 156-166.
3. Беляков В.В. Подвижность специальных транспортных средств по дорогам типа «stone-road» / В.В. Беляков [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2012. – № 1 – С. 143-151.
4. Гончаров К.О, Макаров В.С., Беляков В.В. Влияние экскавационно-бульдозерных эффектов, возникающих при криволинейном движении колеса на сопротивление качению // Наука и образование : электрон. журн. – 2010. – Вып. 6. – Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/145884.html>.

5. Гончаров К.О, Макаров В.С., Беляков В.В. Экспериментальные исследования многоосной колесной машины // Наука и образование : электрон. журн. – 2010. – Вып. 12. – Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/164456.html>.
6. Вахидов У.Ш., Макаров В.С., Беляков В.В. Математическое описание дорог типа «stone-road» // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3. – URL: www.science-education.ru/103-6376 (дата обращения: 05.06.2012).
7. Макаров В.С. Методика расчета и оценка проходимости колесных машин при криволинейном движении по снегу : дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.03. – Н. Новгород, 2009. – 161 с.
8. Макаров В., Беляков В. Расчет проходимости колесных машин при криволинейном движении по снегу. – LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. – 2012. – 160 с.
9. Снегоходные машины / Л.В. Барахтанов [и др.]. – Горький : Волго-Вятское кн. изд-во, 1986. – 191 с.
10. Транспортно-технологические проблемы Северного Кавказа / В.В. Беляков, У.Ш. Вахидов, Ю.И. Молев; Нижегород. гос. техн. ун-т. – Н. Новгород, 2009. – 387 с.

Рецензенты:

Беляков В.В. д.т.н., профессор кафедры «Автомобили и тракторы» ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород.

Шапкин В.А. д.т.н., профессор кафедры «Строительные и дорожные машины» ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород.