



Электронное научное издание
«Ученые заметки ТОГУ»
2016, Том 7, № 2, С. 48 – 53

Свидетельство
Эл № ФС 77-39676 от 05.05.2010
[http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/
ejournal@pnu.edu.ru](http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/ejournal@pnu.edu.ru)

УДК 629.373.3

© 2016 г. **Н. А. Иванов**, д-р техн. наук,
К. А. Харченко

(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск)

ПРЕОДОЛЕНИЕ ВОДНЫХ ПРЕПЯТСТВИЙ ЛЕГКИМ КОЛЕСНЫМ ВЕЗДЕХОДОМ

В статье представлены способы преодоления водных препятствий легким колесным вездеходом на шинах сверхнизкого давления. Рассмотрены критерии грузоподъемности шин, обеспечения плавучести конструкции, удельного давления на грунт.

Ключевые слова: легкий колесный вездеход, трансмиссия, шина, дифференциал, плавучесть

N. A. Ivanov, K. A. Kharchenko

OVERCOMING THE OBSTACLES OF WATER LIGHTWEIGHT WHEELED LAND ROVER

The article presents ways of overcoming water obstacles lightweight wheeled land rover on low pressure tires. Considered the criteria of load capacity of the tires, ensure the buoyancy of the design, the specific pressure on the ground.

Keywords: light wheeled land rover, transmission, tire, differential, buoyancy

Для любого вездехода наиболее важным эксплуатационным свойством является проходимость, которую кратко можно охарактеризовать как способность преодолевать препятствия, встречающиеся на пути его движения. Характеристики лесных препятствий, расположенных на суше, и их воздействие на вездеход, с которыми приходится иметь дело легкому колесному вездеходу, наиболее полно представлен в работе [1].

Принято считать, что наиболее распространенным и трудно устранимым препятствием для вездехода является недостаточная прочность грунтовой поверхности. В недостаточно плотном и влажном грунте при движении колеса образуется колея определенной глубины, что приводит к резкому увеличению сил сопротивления движению и снижению проходимости. Легкие же колесные вездеходы, сочетающие в себе сравнительно небольшой вес с большой площадью пятна контакта движителей с опорной поверхностью, движутся по ней без разрушения поверхностного слоя и образования колеи и поэтому лишены отмеченного выше недостатка. Для таких вездеходов наиболее сложными препятствиями являются водные поверхности в виде рек, озер, стариц, заливов и т.д.

Наиболее доступным и рациональным способом преодоления любого препятствия является его объезд. Однако реку объехать невозможно, в любом случае возникает необходимость в непосредственном преодолении такого препятствия. При этом следует иметь в виду, что, как правило, водное препятствие преодолевается транспортным средством вброд при движении по дну вследствие невозможности обеспечения его плавучести. Процессу непосредственного преодоления водного препятствия в этом случае предшествует большая подготовительная работа по изучению водоема, его берегов с целью выбора места переправы. Более надежным способом преодоления водного препятствия является движение вплавь, но этот способ требует выполнения определенных требований к конструкции вездехода. Обоснованию таких требований посвящена данная статья.

Процесс преодоления водных препятствий легким колесным вездеходом можно разбить на три фазы, имеющие характерные особенности:

- съезд транспортного средства с берега в воду;
- движение вплавь по воде;
- выход из воды на берег.

Что касается первой фазы, то следует отметить, что особых условий для ее выполнения не требуется, и поэтому она в статье не рассматривается.

Вторая фаза – движение по воде. Осуществляется вплавь за счет взаимодействия вращающихся движителей с водой. Для ее выполнения необходимо выполнить два условия: погружение транспортного средства в воду нежелательно ниже осей колес, так как все элементы конструкции вездехода должны располагаться выше осей колес, и при движении при таком погружении в воду сопротивление перемещению вездехода по воде будет минимальным. Отдельно следует отметить необходимость размещения двигателя выше оси колеса, так как движение вездехода возможно только при работающем двигателе не залитом водой. Второе условие, выполнение которого желательно, – установка на вездеходе не трех, а четырех или шести колес для повышения его устойчивости при нахождении на воде.

Третья фаза – выход вездехода на берег из воды. Это наиболее сложная операция с точки зрения успешного ее выполнения. Она выполняется при реализации касательной силы тяги в месте контакта ведущего колеса с берегом за счет силы сцепления (трения). При этом важно, чтобы выход на берег выполнялся за счёт передачи крутящего момента на все колеса при их синхронном вращении и неразрушающем взаимодействии с берегом вследствие большого пятна контакта и низкого удельного давления. Ключевыми словами, определяющими успешную реализацию третьей фазы, является

синхронное вращение всех колес и неразрушающее взаимодействие их с берегом.

Только при реализации в совокупности отмеченных выше условий возможно успешное преодоление водного препятствия.

Рассмотрим суть процесса более подробно. При нахождении на воде плавучесть транспортного средства обеспечивают движители, погружаясь в воду на определенную глубину (не более радиуса колеса) за счет действующей на них выталкивающей силы. Данное условие будет выполнено, если объем одного колеса в дм^3 , например для четырехколесного вездехода, будет составлять не менее половины его веса в кг, а для шестиколесного не менее одной трети. При движении по воде ведущие колеса любого транспортного средства вращаются за счёт крутящего момента, вырабатываемого двигателем и передаваемого через трансмиссию, в состав которой в числе прочих входят такие агрегаты, как дифференциалы, устанавливаемые, как правило, в раздаточные коробки и в ведущие мосты. Выполняя определенные положительные функции, они в силу своего свойства реализовывать касательную силу тяги по сцеплению по минимуму объективно снижают проходимость транспортного средства. Поэтому при движении в трудных условиях (каким и является выход на берег) дифференциалы должны отключаться из работы, обеспечивая так называемый заблокированный привод ведущих колес, при котором они вращаются с одинаковой угловой скоростью.

Что мы имеем при преодолении водного препятствия? При движении по воде и работающих дифференциалах вездеход касается дна водоема или берега, как правило, одним из передних колес, другое переднее колесо и оба задних находятся в воде, погружившись в нее на полколеса, то есть сантиметров на 50-70. Для выхода на берег надо совершить работу по подъему вездехода или части его, приходящейся на колесо, вверх. На это требуется дополнительная сила тяги на ведущих колесах. Условия для увеличения силы тяги есть, так как одно из передних колес коснулось твердой поверхности, сцепление его с опорной поверхностью выше, чем у второго колеса этой оси, но реализовать эту силу тяги вездеход не сможет из-за действия дифференциала. При наличии дифференциала касательные силы тяги левого и правого колеса будут равны между собой, а реализация силы сцепления будет осуществляться по минимуму. То есть, под колесом, стоящим на дне или уткнувшимся в берег, будет развиваться касательная сила тяги такая же, как и под колесом, находящимся на воде. Суммарной силы тяги всех колес вездехода в этом случае будет недостаточно, чтобы вытолкнуть на берег хотя бы одно из его колес. Преодоление водного препятствия при такой конструкции вездехода невозможно.

Ситуацию можно исправить, только обеспечив синхронное вращение всех колес за счет их жесткой кинематической связи, выключив из работы дифференциалы. В этом случае реализация касательной силы тяги на колесах даже одной оси может быть не одинаковой, а в соответствии со сцеплением колеса с опорной поверхностью (сцепление с береговой кромкой выше, чем с водой). Общая касательная сила тяги вездехода увеличивается. Она способна преодолеть силы сопротивления, действующие на транспортное средство, и обеспечить его дальнейшее движение. Что экспериментально подтверждено неоднократно.

Следующий момент касается неразрушающего взаимодействия колеса с берегом ввиду большого пятна контакта движителя с опорной поверхностью и низкого удельного давления. Этот момент очень важен, так как почва береговой линии насыщена водой, ее прочностные характеристики достаточно низкие. При высоком удельном давлении между движителем и опорной поверхностью последняя будет разрушаться, приводя к образованию колеи, увеличению сил сопротивления движению и ухудшению условий выхода вездехода на берег.

Использование колес большего диаметра и ширины на вездеходе позволяет обеспечить неразрушающее взаимодействие движителей с берегом.

При преодолении водного препятствия легким колесным вездеходом на пневматиках сверхнизкого давления водитель должен включить передачу в коробке перемены передач, включить блокировку дифференциалов и начать движение. Вездеход опускается в воду, погружается в нее не ниже осей колес и движется по водоему за счет вращения передних и задних ведущих колес. При подходе к берегу передние колеса упираются в него, но продолжают вращаться с равной скоростью с задними колесами при включенной блокировке дифференциала. За счет возникающих сил сцепления передних колес с берегом под ними реализуется касательная сила тяги, под действием которой они выходят из воды на берег. При этом грунт под колесами не разрушается, колея не нарезается ввиду большого пятна контакта и низкого удельного давления колес на грунт, сопротивление движению вездехода незначительно. При дальнейшем движении задние ведущие колеса также касаются берега, сила тяги увеличивается, вездеход выходит на берег.

Как следует из проведенного анализа, одним параметров, определяющих проходимость легкого колесного вездехода, являются характеристики движителей (диаметр колеса, его ширина, давление воздуха в шинах) с которыми непосредственно связаны такие параметры как допускаемый вес и допускаемая масса вездехода. Эти два параметра связаны критериями грузоподъемности шин, обеспечения плавучести конструкции и удельного давления на грунт при выходе вездехода на берег.

Допускаемый вес вездехода, исходя из критерия грузоподъемности шин, определяется по формуле

$$G_{\text{доп}} \leq n_{\text{ш}} \cdot [F_{\text{ш}}], \quad (1)$$

где $G_{\text{доп}}$ – допускаемый вес вездехода, Н;
 $[F_{\text{ш}}]$ – допускаемая нагрузка на шину (из технической характеристики шины), Н;
 $n_{\text{ш}}$ – количество шин.

Допускаемая масса вездехода, исходя из критерия плавучести, определяется по формуле

$$M_{\text{доп}} \leq \frac{n_{\text{ш}}}{2} \cdot V, \quad (2)$$

где $M_{\text{доп}}$ – допускаемая масса вездехода, кг;
 V – объем шины, дм³;
 $n_{\text{ш}}$ – количество шин.

Таким образом, для обеспечения плавучести и погружения вездехода в воду не ниже осей колес необходимо, чтобы нагрузка в килограммах, приходящаяся на одну шину, не должна превышать половину объема шины в дециметрах кубических.

С учетом возможной неравномерности распределения нагрузки по осям из-за расположения груза для повышения остойчивости в формуле (2) необходимо ввести коэффициент запаса, равный 1,1, то есть уменьшить допускаемую массу вездехода на 10%.

Объем шины находится по формуле

$$V = \frac{\pi^3 \cdot D \cdot b^3}{4}, \quad (3)$$

где D – внешний диаметр шины, дм;
 b – ширина шины, дм.

Допускаемый вес вездехода, исходя из критерия удельного давления на грунт, определяется по формуле:

$$G_{\text{доп}} \leq n_{\text{ш}} \cdot [F_{\text{ш}}], \quad (4)$$

где $G_{\text{доп}}$ – допускаемый вес вездехода, Н;
 $[F_{\text{ш}}]$ – допускаемая нагрузка на шину, Н;
 $n_{\text{ш}}$ – количество шин.

Удельное давление на грунт определяется по формуле:

$$p = \frac{[F_{\text{ш}}]}{S_{\text{ш}}} \leq [P], \quad (5)$$

где $[P]$ – допускаемое удельное давление на грунт, кг/см² ($[P]=0,2$ кг/см²[2]);
 $[F_{\text{ш}}]$ – допускаемая нагрузка на шину, кг;
 $S_{\text{ш}}$ – площадь пятна контакта, см².

Допускаемая нагрузка на шину, исходя из формулы (5), определяется по формуле

$$[F_{\text{ш}}] \geq [P] \cdot S_{\text{ш}}, \quad (6)$$

где $S_{\text{ш}}$ – площадь пятна контакта ($S_{\text{ш}} = l \cdot b$), см²;
 l – длина пятна контакта колеса ($l = (\frac{1}{3} + \frac{1}{4}) \cdot D$), см;
 b – ширина шины, см.

В конце расчета сравниваются между собой веса вездехода, полученные по разным критериям, и выбирается меньший из них.

Рассмотрим методику определения максимальной массы для четырехколесного вездехода исходя из несущей способности грунта на конкретном примере.

Дано: На вездеход предполагается установить шины 1020x420-18"x2; наружный диаметр шины $D=1085$ мм; ширина шины $b=440$ мм; допускаемая нагрузка на шину по критерию грузоподъемности шины $[F_{\text{ш}}]=1800$ Н [3].

Определить допускаемую массу вездехода.

Решение:

Определяем допускаемый вес по формуле (1) и допускаемую массу вездехода по критерию грузоподъемности

$$G_{\text{доп}} = n_{\text{ш}} \cdot [F_{\text{ш}}] = 4 \cdot 1800 = 7200 \text{ Н}$$

$$M_{\text{доп}} = \frac{G_{\text{доп}}}{g} = \frac{7200}{10} = 720 \text{ кг}$$

Критерий плавучести.

Определяем объем шины по формуле (3)

$$V = \frac{\pi^2 \cdot D \cdot b^2}{4} = \frac{3,14^2 \cdot 1085 \cdot 440^2}{4} = 517767094,4 \text{ мм}^3 = 518 \text{ дм}^3$$

Определяем допускаемую массу вездехода по формуле (2)

$$M_{\text{доп}} = \frac{n_{\text{ш}}}{2} \cdot V = \frac{4}{2} \cdot 518 = 1036 \text{ кг}$$

Учитывая запас 10% $M_{\text{доп}} = 1036 - 103,6 = 932,4 \text{ кг}$

Определяем допускаемую нагрузку на шину, выразив из формулы (1)

$$[F_{\text{ш}}] = \frac{G_{\text{доп}}}{n_{\text{ш}}} = \frac{932,4 \cdot 10}{4} = 2331 \text{ Н}$$

Критерий удельного давления на грунт.

Определяем допускаемую нагрузку на шину по формуле (6)

$$[F_{\text{ш}}] = [P] \cdot S_{\text{ш}} = 0,2 \cdot \frac{108,5 \cdot 44}{3} = 318,3 \text{ кгс} = 3183 \text{ Н}$$

Определяем допускаемую массу вездехода

$$M_{\text{доп}} = [F_{\text{ш}}] \cdot n_{\text{ш}} = 4 \cdot 318,3 = 1273 \text{ кг}$$

Таким образом, исходя из расчетов, наименьшая допускаемая масса вездехода равна **720 кг** по критерию грузоподъемности шины.

Список литературы

- [1] Иванов Н. А. Классификация лесных препятствий и их воздействие на легкий вездеход / Н. А. Иванов // Лесное хозяйство. – 2006. – С. 45-46.
- [2] Григорьев И.В. Снижение отрицательного воздействия на почву колесных трелевочных тракторов обоснованием режимов их движения и технологического оборудования. Научное издание. СПб.: ЛТА. 2006. 236 с.
- [3] <http://arctictrans.ru/press/1020x420-18>.

E-mail:

Иванов Н. А. – Nik-ivanov-51@mail.ru

Харченко К. А. – kirya-92@mail.ru