

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ХОДОВОЙ ЧАСТИ КОЛЕСНЫХ МАШИН НА ИХ ПРОХОДИМОСТЬ ПО ЛЕСНЫМ ДОРОГАМ

The basic advantage of motor transport consists in an opportunity of delivery of various over-the-road-shipment directly to a place of their use. Unlike a railway transportation trucks are capable to move on a natural terrestrial surface without preliminary preparation of a way or with insignificant preparation. The given ability of trucks is characterized with passability. In the article the design parameters of trucks most essentially influencing their passability on dirt roads are considered. Among them the number and the scheme of seating of wheels, the sizes and the form of tires, a design of a tread of tires, inflation pressure of tire are allocated.

Введение. Проблема проходимости охватывает широкий круг вопросов о движении автомобилей по ряду следующих грунтовых поверхностей:

- естественные грунтовые поверхности, специально не приспособленные для движения (целина);
- грунтовые пути, по направлению которых на земной поверхности устранены в той или иной мере препятствия для движения и налажен элементарный отвод воды, но поверхность грунта, как правило, не подвергалась упрочнению (улучшению);
- профилированные грунтовые дороги, построенные путем выравнивания земной поверхности и тщательного обеспечения водоотвода, причем грунт остается или в естественном состоянии, или подвергается упрочнению [1].

Несмотря на активизацию в последнее время строительства лесохозяйственных дорог с покрытиями, обеспечивающими круглогодичный проезд, значение естественных, улучшенных и профилированных дорог остается весьма высоким.

В лесной отрасли профилированные грунтовые дороги и грунтовые пути, образовавшиеся в результате проездов автомобилей, служат подъездами к лесным делянкам.

Эксплуатационные характеристики грунтовых дорог достаточно высокие при регулярном содержании в сухие летние периоды, резко ухудшаются в периоды переувлажнения грунта – распутицы. Большинство грунтовых поверхностей в весенние и осенние периоды переувлажнения становятся непроходимыми для автомобилей.

Понятие проходимости относят как к транспортным средствам, так и к поверхностям движения, вкладывая в него разное содержание в зависимости от практических целей.

В проблеме проходимости необходимо различать техническую возможность единичных проездов автомобилей в условиях плохих дорог, а также по грунтовым поверхностям вне дорог и возможность регулярной эксплуатации автомобилей в трудных дорожных условиях по грунтовым дорогам и временным путям.

В первом случае допустимы значительное снижение скорости движения и перерасход топлива, так как целесообразность движения в тяже-

лых условиях всегда будет обосновываться при каждом отдельном рейсе конкретными соображениями. Во втором случае должна сохраняться возможность реализации основных преимуществ автомобильного транспорта – скорости и массовости перевозок при экономической обоснованности эксплуатации по стоимости перевозок.

Повышение эффективности работы автомобилей вне дорог с твердым покрытием может быть достигнуто за счет усовершенствования конструкции автомобиля и более полного использования его технических возможностей. В наибольшей мере проходимость автомобиля зависит от конструкции ходовой части (колесного движителя и подвески) [2].

Из конструктивных параметров автомобиля наиболее существенное влияние на проходимость по мягким грунтам оказывает конструкция движителя, характеризуемая числом и схемой размещения колес, размерами и формой шин, конструкцией протектора шин. Это влияние характеризуется параметрами, рассмотренными ниже.

Влияние ширины профиля шины (B). Увеличение только ширины профиля шины B (рис. 1) при постоянных наружном диаметре D и высоте профиля шины H приводит к увеличению ширины контакта без изменения его длины. Допустимая для движения глубина колеи в этом случае не изменяется, несмотря на то, что площадь контакта возрастает почти пропорционально ширине профиля.

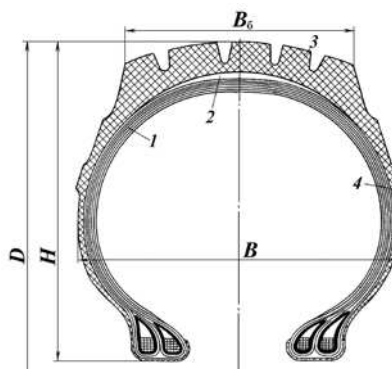


Рис. 1. Основные конструктивные элементы и размеры шины:
1 – каркас; 2 – брекер;
3 – протектор; 4 – боковина

В большинстве случаев при увеличении ширины профиля шины происходит значительное уменьшение глубины колеи, из-за чего снижается сопротивление качению.

Сцепление колес с грунтом при увеличении ширины профиля шины обычно возрастает в соответствии с увеличением площади контакта и значением внутреннего сцепления в грунте. Исключения составляют грунтовые поверхности, которые характеризуются в значительной мере неоднородными сцепными свойствами (глинистая грунтовая поверхность после дождя, на которой понижение давления может привести к уменьшению сцепления).

Влияние формы профиля шины. Шины в зависимости от назначения могут выполняться с различными конструктивными соотношениями формы профиля и габаритных размеров [3]. На рис. 2 представлены поперечные сечения основных типов шин, устанавливаемых на лесовозные автомобили: шины обычной конструкции (рис. 2, а), с регулируемым давлением воздуха (рис. 2, б и в), широкопрофильные (рис. 2, г). Указанные шины отличаются в основном геометрическими соотношениями, характеризующими конфигурацию их профиля.

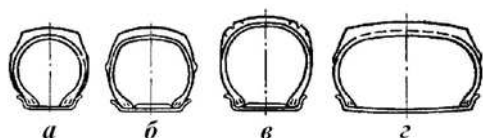


Рис. 2. Поперечные сечения (профили) шин различного типа:
а – обычной конструкции;
б, в – с регулируемым давлением воздуха;
г – широкопрофильных

Форму профиля шины можно охарактеризовать параметром H/B (рис. 3). У известных типов шин этот параметр изменяется в пределах от 1,1 до 0,2.

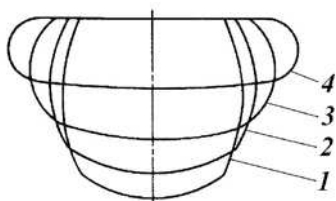


Рис. 3. Форма профиля шины при различных значениях H/B :
1 – $H/B = 0,25$; 2 – $H/B = 0,5$;
3 – $H/B = 0,75$; 4 – $H/B = 1$

Изменение параметра формы профиля (H/B) оказывает влияние на размеры контактной поверхности и нормальный прогиб.

При уменьшении параметра H/B возрастает жесткость шины, увеличивается площадь контакта, уменьшается относительная эластичность.

Широкопрофильные шины отличаются наличием легкоподвижных боковин. Параметры профиля, присущие широкопрофильным шинам, являются оптимальными для большинства эксплуатационных показателей. Особенностью взаимодействия шин регулируемого давления и широкопрофильных шин с грунтом по сравнению с шинами обычной конструкции является значительно большая площадь контакта.

С увеличением ширины шины и понижением в ней давления воздуха уменьшаются напряжения в контакте, что приводит к уменьшению глубины колеи. При этом напряженным состоянием охватываются большие объемы грунта.

Влияние наружного диаметра шины (D). На твердой поверхности при увеличении наружного диаметра шины повышаются длина и соответственно площадь поверхности контакта, вследствие чего незначительно снижается давление на покрытие.

На мягком грунте увеличение наружного диаметра шины в большинстве случаев приводит не к возрастанию, а к уменьшению длины контакта. Это объясняется меньшим погружением колеса в грунт вследствие более равномерного распределения давления у шин с большим наружным диаметром.

Сцепление колеса с грунтом с увеличением наружного диаметра шины изменяется различно и зависит от свойств грунта. Если сцепные свойства грунта возрастают по мере погружения в грунт, то при увеличении наружного диаметра сила сцепления уменьшается; если сцепные свойства грунта не изменяются по глубине, то, в большинстве случаев, при увеличении наружного диаметра сила сцепления колеса с грунтом возрастает за счет более равномерного распределения давления в контакте.

К отрицательным последствиям увеличения наружного диаметра шины следует отнести значительное увеличение массы и момента инерции колеса, а также повышение центра тяжести автомобиля.

Влияние конструкции протектора. На эксплуатационные качества колеса существенно влияют следующие параметры протектора: относительная ширина $b_{пр}/B$; радиус кривизны $r_{пр}$; коэффициент насыщенности протектора k_n , рисунок протектора (размеры и форма грунтозацепов и впадин). Характер влияния этих параметров различный в зависимости от дорожно-грунтовых условий.

При увеличении ширины протектора уменьшается давление на покрытие, но вместе с тем увеличивается толщина протектора по краю беговой дорожки, что приводит к повышению потерь на внутреннее трение и увеличению напряжений в каркасе боковин.

Увеличение коэффициента насыщенности протектора k_n приводит к снижению давления на покрытие и уменьшению износа протектора.

Однако при этом ухудшается сцепление колеса с дорогой, когда она мокрая и грязная (рис. 4).

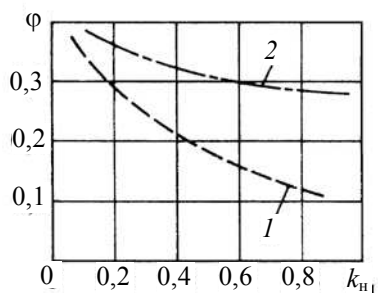


Рис. 4. Зависимость коэффициента сцепления от коэффициента насыщения протектора:
1 – на заболоченном грунте;
2 – на суглинистом грунте

Коэффициент насыщения рисунка протектора $k_{н}$ оказывает различное влияние на силу сцепления в зависимости от соотношения сил трения резины по грунту τ_p и сил сопротивления грунта срезу τ . В случае $\tau < \tau_p$ (характерно для песчаных грунтов) целесообразно увеличение коэффициента насыщения рисунка протектора. Если $\tau_p < \tau$ (свойственно связным грунтам), то целесообразно его уменьшение.

На деформирующихся связных грунтах при малых значениях буксования сила сцепления больше для небольших расстояний между грунтозацепами l' , а при больших значениях буксования сила сцепления повышается по мере увеличения значений l' до определенного предела (рис. 5). Этот вывод сделан без учета влияния самоочищаемости протектора. Чем больше l' , тем лучше самоочищаемость.

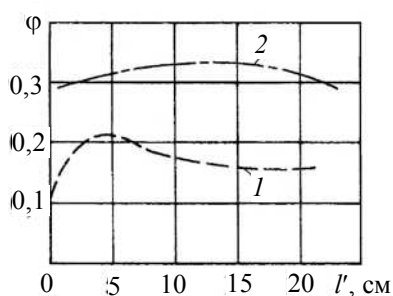


Рис. 5. Зависимость коэффициента сцепления от расстояния между грунтозацепами:
1 – на заболоченном грунте;
2 – на суглинистом грунте

Влияние высоты грунтозацепов на сцепление колеса с грунтом проявляется различно в зависимости от типа и состояния грунта. На песчаных грунтах большая высота грунтозацепов нецелесообразна, так как в этом случае сцепление, обусловленное трением резины по песку, больше, чем за счет сдвига грунта. На

связных грунтах без близлежащего твердого слоя высота грунтозацепов в основном влияет на самоочищаемость протектора и на площадь бокового среза грунта. Очень большое влияние на сцепление оказывает высота грунтозацепов на грунтах с близлежащим твердым основанием и на неоднородных грунтах, с увеличивающейся по мере заглубления плотностью.

Влияние внутреннего давления воздуха в шине. Оптимальное значение внутреннего давления воздуха в шинах $p_{w \text{ opt}}$ возрастает при увеличении вертикальной нагрузки на колесо и модуля деформации грунта. При увеличении размеров шины и толщины деформируемого слоя грунта величина $p_{w \text{ opt}}$ уменьшается.

Параметры контакта зависят от изменения внутреннего давления воздуха и определяют сцепление шины с грунтом. На однородных по глубине грунтах решающим фактором является площадь контакта. При этом изменение сцепления определяется значением внутреннего сцепления в грунте c_0 . На слабых грунтах величину сцепления часто ограничивает несущая способность грунта. При очень малом значении p_w , когда шина в средней части контакта прогибается вверх и на величину давления на грунт большое влияние оказывает жесткость стенок по контуру контакта, значительно повышаются несущая способность грунта и сцепление колеса с грунтом. На грунтах с неоднородными по глубине сцепными свойствами определяющим является характер изменения грунта по глубине. Если с увеличением глубины сцепные свойства грунта повышаются, то при снижении p_w сила сцепления может уменьшиться.

Влияние расстановки колес и распределения нагрузки между осями. В связи с различием в величине передающейся нагрузки в конструкции ходовых частей и тем, что задние колеса обычно движутся по поверхности, ранее в какой-то степени деформированной проходом передних колес, коэффициенты сопротивления движению передних и задних колес могут существенно различаться.

Снижать величину сопротивления движению можно рациональным распределением нагрузки между осями, надлежащей расстановкой колес и регулированием давления воздуха в шинах. Нельзя говорить о постоянном оптимальном распределении нагрузки, поскольку последнее зависит от дорожных условий. При уплотняющихся грунтах в связи с уменьшением сопротивления движению задних колес благодаря уплотнению грунта передними колесами целесообразно движение первых и вторых по одному следу. При этом каждое последующее колесо движется по уплотненной колее и способно передавать большее тяговое усилие.

Имеющее место у некоторых современных автомобилей несовпадение колес не должно рассматриваться как конструктивный дефект. Не

следует считать, что прох α задних колес по колее передних будет во всех условиях наиболее выгодным для снижения сопротивления движению. Для анализа этого вопроса необходимо исходить из зависимости между нагрузкой и деформацией при воздействии колес на грунт. Если удельное давление в зоне контакта мало по сравнению с критическими давлениями, вызывающими резкое погружение с просадками грунта, то прирост глубины колеи при последовательных проходах уменьшается и происходит уплотнение грунта. Если же давление колеса соответствует давлениям, вызывающим резкую просадку грунта под штампом, то деформации при последовательных проходах по одной колее увеличиваются. За период одного прохода деформация не успевает достигнуть критической величины, и разрушение грунта происходит лишь после нескольких проходов по одному следу. В подобных случаях несовпадение колеи и снижение нагрузки путем установки на задней оси вторых скатов должны улучшать условия движения.

Спаренные колеса являются выгодными в том случае, если выигрыш в силе тяги существенно превышает возникающее дополнительное сопротивление движению второго колеса, прокладывающего себе дополнительную колею.

На рис. 6 представлены зависимости коэффициентов сопротивления движению отдельных колес и вычисленное по ним среднее сопротивление движению всего автомобиля, а также глубины колеи от отношения нагрузки на переднюю ось к общему весу автомобиля.

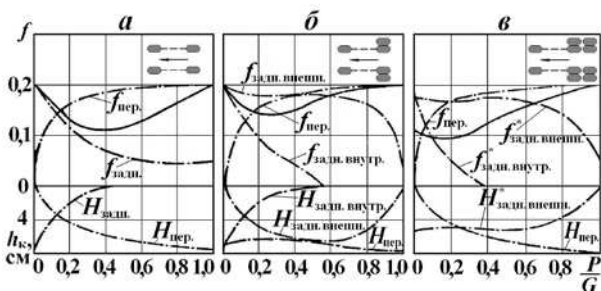


Рис. 6. Зависимость коэффициентов сопротивления движению отдельных колес и всего автомобиля, а также глубины колеи от отношения нагрузки на переднюю ось к общему весу автомобиля (сплошной линией показана зависимость среднего коэффициента сопротивления движению): а – при одиночных задних колесах; б – при спаренных задних колесах; в – для трехосного автомобиля

Кривые, характеризующие сопротивление движению отдельных колес, позволяют оценить их роль в общем сопротивлении движению. Кривая величины сопротивления движению переднего колеса указывает на быстрое возрастание сопротивления при увеличении нагрузки на переднюю ось. Кривые сопротивления движению для внешних колес при спаренных колесах задней оси указывают на то,

что внешние колеса являются причиной увеличения коэффициента сопротивления движению ввиду того, что образуют глубокую колею на деформируемом грунте. При малой нагрузке на заднюю ось образование этой колеи сопряжено с перераспределением нагрузки между внутренними и внешними колесами, приводящим к снижению давления, передаваемого на грунт внутренними колесами, и к недостаточному использованию положительного эффекта прох α передних колес, который заключается в уплотнении ими грунта в колее. При значительной перегрузке передней оси глубина колеи внешних задних колес оказывается меньшей, чем колея передних.

Влияние величины нормальной нагрузки на колесо G_k . На грунтовых поверхностях оптимальная грузоподъемность шины изменяется в зависимости от механических свойств грунта. Современные типы подвесок позволяют перераспределять нагрузку между колесами в процессе эксплуатации. На мягком грунте деформация шины меньше, чем на твердой поверхности. Поэтому по условиям срока службы грузоподъемность шины на мягком грунте может быть увеличена.

Сила сопротивления качению при повышении G_k увеличивается во всех случаях, так как увеличивается деформация грунта (почти вся работа, затрачиваемая на деформацию грунта, является потерянной, а большая часть работы, затраченной на деформацию шины, является обратимой).

Сила сцепления колеса с грунтом при увеличении нормальной нагрузки в большинстве случаев повышается. Однако коэффициент сцепления при этом может как увеличиваться, так и уменьшаться. Определяющее значение имеет изменение сцепных свойств грунта по глубине. На грунтах с постоянными по глубине сцепными свойствами коэффициент сцепления при повышении нагрузки на колесо G_k обычно снижается, так как площадь контакта возрастает в меньшей мере, чем нагрузка.

Закключение. Рассмотренные выше конструктивные параметры автомобиля в разной степени оказывают влияние на проходимость. Закономерности движения автомобиля по грунтовым дорогам значительно сложнее, чем по дорогам с твердым покрытием, вследствие неустойчивости свойств грунтовых покрытий.

Литература

1. Бабков, В. Ф. Проходимость колесных машин по грунту / В. Ф. Бабков, А. К. Бируля, В. М. Сиденко – М.: Науч.-техн. изд-во М-ва автомобил. тр-та и шоссейн. дорог РСФСР, 1959. – 190 с.
2. Агейкин, Я. С. Проходимость автомобилей / Я. С. Агейкин. – М.: Машиностроение, 1981. – 232 с.
3. Работа автомобильной шины / В. И. Кнороз [и др.]; под общ. ред. В. И. Кнороза. – М.: Транс-

порт, 1976. – 238 с.