

Повышение тягово-сцепных свойств колёсных машин в тяжёлых дорожных условиях

Ю.Г. Горшков, д.т.н., профессор, И.Н. Старунова, к.т.н., А.А. Калугин, к.т.н., М.А. Белоусов, аспирант, Челябинская ГАА

Более 90% грузовых автомобилей имеют колёсную формулу 4×2 и в основном снабжены шинами с универсальным рисунком протектора. Казалось бы, что название рисунка «универсальный» говорит само за себя. Однако на твёрдых дорогах он является наиболее экономичным во всех отношениях, а в тяжёлых условиях движения в большинстве случаев совершенно непригоден. На размытых грунтовых дорогах указанный рисунок беговой дорожки про-

тектора шины забивается грунтом, снижая сцепные качества, на заснеженных участках насыщенный рисунок этого типа шин не способен осуществлять достаточные сцепные качества, что также снижает эффективность колёсной машины.

Для повышения тягово-сцепных свойств и проходимости автомобилей и тракторов с колёсной формулой 4×2 применяются основные устройства, представленные на рисунке 1 [1, 2].

Повышение мощности двигателя, как правило, приводит к увеличению геометрических размеров самой машины и её общего веса. Увеличение указанных параметров служит основанием к пе-



Рис. 1 – Основные способы и средства снижения буксования и улучшения тягово-сцепных качеств колёсных машин

перасходу топлива по сравнению с серийными машинами, что оказывает влияние на их общую эффективность [2].

Применение шипов и цепей противоскольжения при эксплуатации машин разрушает поверхность дороги, а масса конструкций различных траков может достигать 170 кг, что значительно снижает оперативность их монтажа в сложных дорожных условиях [2, 3].

Использование различных блокирующих дифференциалов, централизованная подкачка шин усложняют конструкцию колёсных машин, ухудшают их экономичность.

С целью снижения буксования автомобилей и тракторов с колёсной формулой 4×2 авторами статьи предлагается противобуксовочное устройство, которое представлено на рисунке 2.

Фигурная накладка 1 состоит из двух частей: накладки с отверстиями и приваренного к ней верхнего штока с резьбой. Отверстия предназначены для крепления с помощью болтов съёмных траков и резиновых накладок с шипами. Регулировочная гайка 3 служит натяжным устройством при монтаже приспособления. Центральное кольцо 5 является центром соединения фигурных накладок в сборе с нижними штоками. Оно является также центральной частью натяжки приспособления.

Исходя из конкретных требований местности по проходимости помимо стального грунтозацепа устройство может быть оснащено лентой противоскольжения (рис. 3) [3], которая аналогично, как грунтозацеп, крепится к горизонтальной пластине фигурной накладки с помощью болтов.

Монтаж приспособления осуществляется перед прохождением труднопроходимого участка пути. При этом ведущее колесо вывешивается (с соблюдением правил техники безопасности) и фигурные накладки устанавливаются на колесо согласно рисунку 4. Натяжка приспособления производится равномерно регулировочными гайками до плотного прилегания фигурных накладок к протектору и боковинам шины колеса.

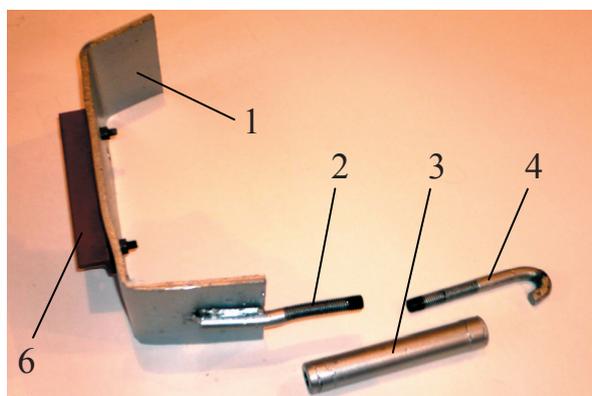


Рис. 2 – Устройство для повышения тягово-сцепных свойств колёсных машин в тяжёлых дорожных условиях: 1 – фигурная накладка; 2 – верхний шток; 3 – регулировочная гайка; 4 – нижний шток; 5 – центральное стягивающее кольцо; 6 – трак (грунтозацеп)

Основные конструктивные параметры устройства можно обосновать по методике, представленной ниже.

Силу прижатия фигурной накладки устройства к боковине шины колеса определяем из требуемого усилия затяжки резьбового соединения 4:

$$Q_{зам.} = \frac{K \cdot P}{f_{cm} \cdot i}, \text{ Н}, \quad (1)$$

где K – коэффициент запаса прочности материала штоков и регулировочной гайки (при статических нагрузках $K = 1,2-1,3$);

P – внешняя нагрузка, прилагаемая к деталям соединения (в соответствии с нормативными документами [4], максимально допустимое усилие, которое необходимо приложить человеку при выполнении физической работы, составляет $P = 300 \text{ Н}$ (30 кгс);

f_{cm} – коэффициент трения в соединении $f_{cm} = 0,3$ [4];

i – число поверхностей стыка в соединении (в данном случае, $i = 1$).

Полный момент от усилия затяжки регулировочной гайки определяем по следующему выражению [4]:

$$M_n = 2M_p, \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2)$$

где M_p – момент трения в резьбе.

Момент трения в резьбе находится по следующему равенству:

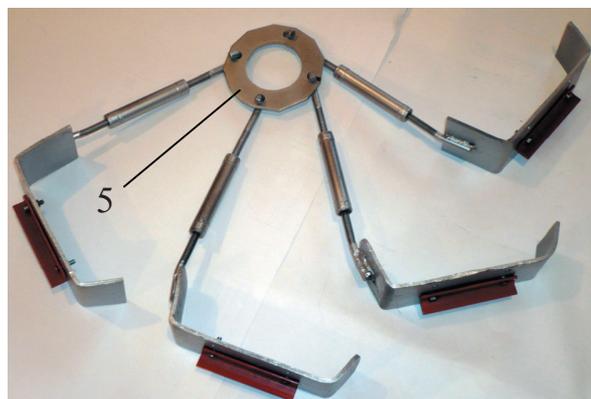
$$M_p = Q_{зам.} \cdot \text{tg}(\alpha + \rho) \cdot \frac{d_2}{2}, \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (3)$$

где α – угол подъёма резьбы ($\alpha = \text{arctg} \frac{\rho}{\pi d_2}$);

d_2 – средний диаметр резьбы (для расчёта принимаем $d_2 \approx 10 \text{ мм}$);

ρ – угол трения в резьбе [5].

Значения момента M_p можно использовать при расчёте геометрических параметров болтового соединения.



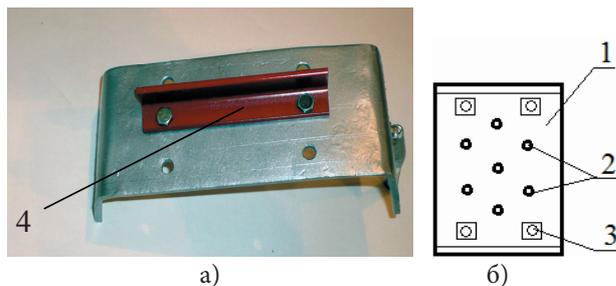


Рис. 3 – Съёмные приспособления для крепления к фигурной накладке:
а) стальная грунтозацеп; б) лента противоскольжения: 1 – полотно ленты; 2 – шип противоскольжения; 3 – отверстия для крепления ленты противоскольжения; 4 – стальная грунтозацеп



Рис. 4 – Общий вид устройства, смонтированного на ведущем колесе автомобиля

С учётом формул (1–3) момент прижатия M_{np} фигурной наклейки к боковине пневматической шины колеса выразится следующим равенством:

$$M_{np} = Q_{зам} \cdot (l_1 + l_2 + l_3), \quad \text{Н} \cdot \text{м}, \quad (4)$$

где $L = (l_1 + l_2 + l_3)$ – плечи действия усилия затяжки $Q_{зам}$ на фигурную накладку 1, состоящую из длин верхнего штока, регулировочной гайки и нижнего штока (рис. 2) ($L = 0,122$ м).

Силу сцепления фигурной наклейки с боковинами шины колеса определяем по следующему выражению:

$$P_{сц.бок.} = Q_{зам} \cdot f_{бок.}, \quad \text{Н}, \quad (5)$$

где $f_{бок.}$ – коэффициент трения материала фигурной наклейки о материал поверхности шины ($f_{бок.} = 0,6$), при смоченных или грязных поверхностях этот коэффициент может принимать меньшее значение ($f_{бок.} = 0,1–0,6$).

Общая сила сцепления $P_{Осц.бок.}$ для одной фигурной наклейки устройства с двумя боковинами шины ведущего колеса найдётся по равенству:

$$P_{Осц.бок.} = P_{сц.бок.1} + P_{сц.бок.2}, \quad (6)$$

где $P_{сц.бок.1}$ и $P_{сц.бок.2}$ – соответственно силы сцепления внешней и внутренней частей фигур-

ной наклейки с боковинами пневматической шины, согласно выражению (5).

При равенстве усилия затяжки регулировочных гаек выражение (6) примет вид:

$$P_{Осц.бок.} = 2 \cdot P_{сц.бок.} \quad (7)$$

Распределённую удельную силу $P_{уд}$ прижатия фигурной наклейки к боковине шины колеса найдём по следующему равенству:

$$P_{уд} = \frac{Q_{зам} \cdot f_{бок.}}{S_{бок.}}, \quad \text{Н/см}^2, \quad (8)$$

где $S_{бок.}$ – площадь контакта поверхностей фигурной наклейки с поверхностями боковин шины колеса ($S_{бок.} = 180$ см²).

При качении ведущего колеса в случае, когда устройство не находится в контакте с несущей поверхностью, должно соблюдаться условие:

$$P_{Осц.бок.} > P_u, \quad (9)$$

где P_u – сила инерции устройства [2, 3]:

$$P_u = \frac{G_1 \cdot V^2}{g \cdot R_k}$$

где G_1 – масса устройства ($G_1 = 2$ кг), кг;

V – линейная скорость ведущего колеса, км/ч;

g – ускорение свободного падения ($g = 9,8$ м/с²);

R_k – радиус колеса (0,287 м).

В случае когда устройство находится в контакте с поверхностью качения, возникает сила сцепления между горизонтальной плоскостью фигурной наклейки и беговой дорожкой шины (протектором).

Эту силу можно найти по следующему равенству:

$$P_{сц.пласт.} = G_k \cdot f_{пл.}, \quad (10)$$

где G_k – вес, приходящийся на ведущее колесо, кг;

$f_{пл.}$ – коэффициент трения беговой дорожки шины с горизонтальной поверхностью фигурной наклейки (этот коэффициент для стали и резины может быть 0,1–0,6). Меньшее значение коэффициента $f_{пл.}$ соответствует тому, что между стальной поверхностью пластины и резиной находится вода, грязь и др.

Тогда с учётом значений выражений (7) и (10) общая суммарная сила сцепления $P'_{Осц.}$ для одной фигурной наклейки определится равенством:

$$P'_{Осц.} = 2P_{сц.бок.} + P_{сц.пласт.} \quad (11)$$

Для четырёх фигурных накладок устройства общая сила сцепления составит $4 \cdot P'_{Осц.}$. Общая сила сцепления прижатия фигурных накладок устройства $P_{Осц.}$ должна удерживать устройство на ведущем колесе во время движения колёсной машины по труднопроходимому участку дороги (грязь, мокрый и глубокий снег, колея и др.).

Отсюда следует, что для обеспечения проходимости колёсной машины, оборудованной пред-

лагаемым устройством, должно выполняться ещё следующее условие:

$$P_{O.сц.} > P_{\phi} + P_u, \quad (12)$$

где P_{ϕ} – сила сцепления ведущего колеса машины с несущей поверхностью ($P_{\phi} = G \cdot \phi$).

Для обоснования эффективности работы устройства согласно условию (12) были проведены расчёты по формулам (1) – (11) на примере летней шины 175/70 R13 НК-129 КАМА EURO (рис. 5) легкового автомобиля переднеприводной компоновки, массой 1500 кг [6].

Тогда условие (12) запишем в следующем виде:

$$P_{O.сц.} = 1785 \text{ Н} > F = P_{\phi} + P_u = 519,8 \text{ Н}.$$

Полученное значение общей суммарной силы сцепления фигурных накладок с боковинами шины колеса $P_{O.сц.}$ и силы сцепления горизонтальной пластины с поверхностью шины колеса $P_{сц. пласт.}$ превышает значение суммы сил сцепления ведущего колеса с опорной поверхностью P_{ϕ} и силы инерции P_u (заданное условие (12) выполняется), что позволяет разработанному устройству быть зафиксированным на колесе машины и обеспечивать преодоление труднопроходимого участка несущей поверхности.



Рис. 5 – Летняя автомобильная шина 175/70 R13 НК-129 КАМА EURO

На рисунке 6 представлена зависимость силы сцепления фигурной накладки с боковиной шины колеса $P_{сц. бок.}$ от внешней нагрузки, приложенной к болтовому соединению P .

На графике (рис. 6) видно, что зависимость между силой сцепления фигурной накладки с боковиной шины колеса $P_{сц. бок.}$ и величиной внешней нагрузки, приложенной к болтовому соединению P , носит прямолинейный характер.

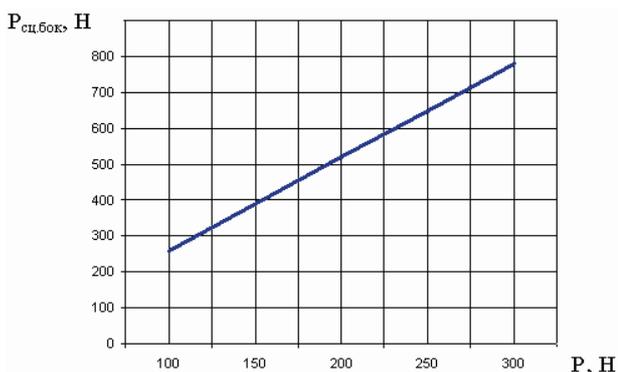


Рис. 6 – Зависимость силы сцепления фигурной накладки с боковиной шины колеса $P_{сц. бок.}$ от внешней нагрузки, приложенной к болтовому соединению P

Для повышения силы сцепления накладки с боковиной шины колеса можно на внутренней поверхности фигурной накладки выполнить насечку. Это позволит увеличить силу сцепления боковин в несколько раз за счёт большего удельного давления.

Разработанная конструкция устройства позволяет по аналогии с существующими тракторными устройствами повысить тягово-сцепные свойства колёсной машины на 15–20% [2, 3].

Предлагаемое универсальное устройство будет способствовать повышению скоростных возможностей колёсной машины в тяжёлых дорожных условиях на 9–12%, снижению расхода топлива на 5–12% и улучшит условия труда оператора [2, 3, 7].

Оснащение автомобилей и тракторов с колёсной формулой 4×2 подобными устройствами особо рекомендуется предприятиям АПК.

Устройство может быть смонтировано в любых дорожных условиях (грязь, колея, глубокий снег, пахота и др.).

Литература

1. Бабков В.Ф. и др. Проходимость колёсных машин по грунту. М.: Автотрансиздат, 1959.
2. Горшков Ю.Г., Дмитриев М.С., Старунова И.Н. Повышение эффективности транспортно-технологических процессов и улучшение условий труда работников АПК за счёт инженерно-технических устройств: монография. Челябинск: ЧГАА, 2010. 291 с.
3. Горшков Ю.Г. Повышение эффективности функционирования системы «дифференциал – пневматический колёсный движитель – несущая поверхность» мобильных машин сельскохозяйственного назначения: дисс. ... докт. техн. наук. Челябинск, 1999. 311 с.
4. Руководство Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» от 01.11.2005 г.
5. Детали машин и основы конструирования / под ред. М.Н. Ерохина. М.: Колос, 2005.
6. Каталог шин предприятия «Торговый дом «Кама». URL: http://www.td-kama.com/ru/tyre_catalog/3.
7. Горшков Ю.Г., Старунова И.Н., Калугин А.А. и др. Универсальная лента для улучшения сцепных и тормозных качеств пневматических шин // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 12.