Министерство высшего образования СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н. Э. Баумана

На правах рукописи

Аспирант Ю. Э. Шарикян

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В ШИНАХ НА ПРОХОДИМОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
заслуженный деятель науки
и техники профессор
А. А. Липгарт

Москва 1959 г.

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
728217
Шарикян Ю.Э. Исследование

В директивах XX съезда КПСС особое внимание обращено на увеличение выпуска автомобилей высокой проходимости. Это требование связано с необходимостью использования автомобилей в условиях бездорожья, что особенно важно для армейских автомобилей и для автомобилей, используемых в сельском хозяйстве. В настоящее время большое количество автомобилей используется на различных новых строительствах и в районах освоения целинных земель, где еще нет достаточно хороших дорожных условий.

Отечественная автомобильная промышленность выпускает несколько серийных образцов автомобилей для эксплоатации их в неблагоприятных дорожных условиях. К таким автомобилям относятся ГАЗ-69, ГАЗ-63, ЗИЛ-157. Все оси этих автомобилей являются ведущими. Это приводит к значительному увеличению сцепного веса машины. В качестве сцепного веса используется полный вес машины, что повышает проходимость автомобиля. Однако, такое конструктивное мероприятие не решает коренным образом задачу улучшения проходимости автомобилей.

728217

В отдельных конструкциях автомобилей для повышения их проходимости применяют блокировку дифференциала (принудительную или самоблокировку), дающую возможность реализовать момент, подводимый к колесам, когда одно из колес попадает в более неблагоприятные условия и может пробуксовать. Возможно применение бесступенчатой коробки передач, которая, благодаря плавному и непрерывному подводу момента к ведущим колесам, предохраняет от срыва грунта. Применяют бортовые редукторы для увеличения дорожного просвета. Эти мероприятия еще в меньшей степени решают проблему проходимости автомобилей.

В последние годы в практике отечественного и зарубежного автомобилестроения нашли применение автомобили с шинами увеличенного размера (как диаметра, так и ширины)

и оборудованные центральной накачкой шин для возможности изменения давления воздуха в шинах во время движения автомобиля.

Применение шин увеличенного размера в значительной степени увеличивает проходимость автомобилей. Но автомобили на таких шинах дают хороший эффект лишь в плохих дорожных условиях. При движении автомобиля на шинах повышенного размера по твердой дороге значительно возрастают потери на его движение. Так, например, грунтовые арочные шины, изготовленные Ярославским шинным заводом совместно с НАМИ для автомобиля ЗИЛ-150, могут с успехом применяться в период весенней распутицы, но после просыхания грунта должны вновь заменяться на обычные.

Уменьшение давления воздуха в шинах при движении автомобиля на мягких грунтах приводит к снижению удельного давления на грунт и улучшению взаимодействия колес с опорной поверхностью. Это приводит к уменьшению сопротивления движению автомобиля за счет уменьшения глубины колеи и улучшению сцепных качеств шин, что в значительной степени повышает проходимость автомобиля. На твердой дороге давление воздуха в шинах необходимо повысить. Применение центральной накачки шин дает возможность поддерживать в шинах такое давление, которое необходимо, исходя из дорожных условий. Изменение давления воздуха в шинах является одним из наиболее эффективных средств повышения проходимости автомобилей. Однако, уменьшение давления воздуха в шинах ниже некоторого предела приводит к повышению сопротивления движению автомобиля.

Настоящая работа имеет своей целью выявление влияния давления воздуха в шинах на опорную проходимость автомобиля и установление оптимальных значений давления воздуха в шинах при движении автомобиля в различных дорожных условиях. В некоторой степени затронуты вопросы распределения крутящих моментов по осям и влияния на проходимость размера шин.

Профильная (геометрическая) проходимость автомобиля не рассматривается.

Проведенные исследования не распространяются на грунтовые арочные шины и на пневмокатки.

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ
Библиотека

I. Понятие проходимости автомобиля и ее оценка

Общего определения проходимости автомобиля, которое было бы признано всеми, до сих пор нет. Различные авторы дают различные формулировки.

Академик Е. А. Чудаков под проходимостью автомобиля понимает такое качество последнего, которое обеспечивает ему возможность работать по плохим дорогам и бездорожью.

К. т. н. Я. И. Бронштейн под проходимостью автомобиля понимает способность технически исправного автомобиля самостоятельно, без посторонней помощи, продолжать или возобновлять движение. Он также вводит понятия: временная потеря проходимости и ограниченная проходимость.

А. А. Кржвицкий ввел понятие условной и безусловной проходимости автомобиля.

К. т. н. Г. Б. Безбородова под проходимостью автомобиля понимает способность его перемещаться по дорогам различного качества, рельефа и состояния с наибольшей возможной, по сравнению с максимальной, производительностью.

Профессор В. Ф. Бабков считает, что в проблеме проходимости необходимо различать механическую возможность единичных проходов автомобилей в условиях бездорожья и возможность регулярной их эксплоатации.

Формулировка понятия проходимости автомобиля должна дать общую характеристику существа явления и не включать в себя оценочные понятия. Мы считаем, что наиболее правильной является формулировка академика Е. А. Чудакова. Его формулировка принята и в терминологии по автомобилям. Необходимо также принять разделение понятия проходимости автомобиля на проходимость единичных автомобилей и проходимость колонны машин, предложенное профессором В. Ф. Бабковым. Такое разделение является конкретизацией проблемы проходимости автомобиля.

Общепризнанной оценки проходимости автомобиля также до сих пор нет. Оценочные показатели предлагали: профессор В. Ф. Бабков, к. т. н. В. И. Гребенщиков, И. В. Крагельский, к. т. н. Я. И. Бронштейн, к. т. н. Г. Б. Безбородова. к. т. н. Я. С. Агейкин.

Проходимость автомобиля достаточно полно определяется тремя показателями:

моментом M_f сопротивления движению,

моментом M_φ сцепления ведущих колес и

моментом $M_к$ развиваемым двигателем на ведущих колесах автомобиля.

В таком случает проходимость автомобиля может быть достаточно надежно оценена следующим коэффициентом проходимости:

$$П = \frac{M_\varphi - M_f}{M_\varphi}$$

при $$M_к \geqslant M_\varphi. \qquad (1)$$

Если $$M_к < M_\varphi,$$

то $$П = \frac{M_к - M_f}{M_к}. \qquad (2)$$

Коэффициент проходимости П показывает, какая доля момента сцепления затрачивается на преодоление сопротивления движению самого автомобиля и какая доля момента сцепления остается на преодоление других сопротивлений.

Величина коэффициента проходимости автомобиля изменяется от 0 до 1 и может иметь отрицательное значение. Если момент сопротивления движению автомобиля относительно мал по сравнению с моментом сцепления ведущих колес с дорогой, то коэффициент проходимости автомобиля приближается к единице. Коэффициент проходимости автомобиля равен 0, когда момент сопротивления движению автомобиля равен моменту сцепления ведущих колес с дорогой. В этом случае нет устойчивого движения автомобиля. Даже незначительное увеличение сопротивления движению приведет к остановке автомобиля. Нулевое значение коэффициента проходимости автомобиля обозначает границу возможности движения. Коэффициент проходимости автомобиля получает отрицательное значение в том случае, когда момент сопротивления движению автомобиля превышает момент сцепления ведущих колес с дорогой.

Момент M_f сопротивления движению и момент M_φ сцепления ведущих колес с дорогой не являются постоянными для одной и той же конструкции автомобиля. Они зависят также от типа и состояния опорной поверхности и режима движения. Из конструктивных параметров автомобиля на M_φ и M_f оказывают влияние вес автомобиля, тип и размер шин. На M_f оказывает также влияние площадь проекции автомобиля в направлении его движения и форма автомобиля. Тип и состоя-

ние опорной поверхности оказывают влияние на M_z через способность грунта уплотняться и сопротивляться срыву. M_f зависит от сопротивления грунта вдавливанию. Скорость движения автомобиля влияет на M_z и на M_f. Причем, необходимо различать возрастание скорости (ускоренное движение) и равномерное движение с различными скоростями. Влияние равномерного движения автомобиля с различными скоростями на M_z изучено еще недостаточно.

Большое влияние на M_z и M_f, а следовательно, и на коэффициент проходимости П, оказывает величина давления воздуха в шинах.

II. Потери на качение колеса

При качении пневматического колеса по твердой опорной поверхности, подведенный к колесу момент расходуется на потери, связанные с деформацией шины. Эти потери можно определить либо путем испытания, либо посредством замера работы, затраченной на гистерезис при однократном радиальном обжатии шины. Работу гистерезиса можно принять пропорциональной площади деформации шины. Соотношение между площадью деформации шины за один оборот колеса и площадью деформации ее при однократном радиальном обжатии обозначим К.

Момент сопротивления качению колеса можно определить по формуле

$$M_{fш} = \frac{A_1 K}{2\pi}, \qquad (3)$$

где A_1 — работа, затраченная на гистерезис при однократном радиальном обжатии шины.

При определении работы гистерезиса шина должна быть предварительно обкатана и иметь при этом нагрузку, давление воздуха и температуру, одинаковые с катящимся колесом.

Были подсчитаны значения соотношения К по полученным формулам и сравнены с экспериментальными данными. Значения получились довольно близки друг другу.

Рекомендованный метод позволит определять потери на качение колес автомобиля по твердой дороге без проведения ходовых испытаний, а лишь по результатам радиального обжатия шин.

При качении пневматического колеса по мягкому грунту сопротивление его качению складывается из потерь на деформацию шины, которые определялись выше, и потерь на образование колеи.

Момент, расходуемый на образование колеи, складывается из момента $M_{тр}$ трения поверхности шины о грунт, момента $M_{гк}$, идущего на деформацию грунта в нормальном направлении и момента $M_{пр}$, идущего на перемещение грунта в продольном и поперечном направлениях.

Основным сопротивлением со стороны грунта при качении колеса является, в большинстве случаев, сопротивление грунта деформированию в нормальном направлении. Сопротивление же качению как за счет трения колеса о грунт, так и за счет перемещения грунта в продольном и поперечном направлениях относительно невелико.

Это справедливо при давлениях воздуха в шинах близким к оптимальным по условиям минимальных сопротивлений качению. При больших давлениях воздуха в шинах потери на трение колеса о грунт достигают значительной величины. Они могут быть равны по величине потерям на деформацию грунта в нормальном направлении.

Из подсчета работы, затраченной на деформацию грунта в нормальном направлении, выведена формула для подсчета момента сопротивления качению колеса, обусловленного деформацией грунта.

При глубине колеи больше половины высоты профиля шины

$$M_{гк} = \frac{B r_к}{\mu+1} \cdot \frac{1}{c^{\frac{1}{\mu}}} \times$$

$$\times \left\{ \frac{4 G_к}{\pi B \left[\sqrt{(D-h)h} + \sqrt{(D-H-h)(H+h)} \right]} \right\}^{\frac{\mu+1}{\mu}}. \qquad (4)$$

При глубине колеи меньше половины высоты профиля шины

$$M_{гк} = \frac{B r_к}{\mu+1} \cdot \frac{1}{c^{\frac{1}{\mu}}} \times$$

$$\times \left\{ \frac{2 G_к}{\pi \sqrt{(B-H-h)(H+h)} \left[\sqrt{(D-h)h} + \sqrt{(D-H-h)(H+h)} \right]} \right\}^{\frac{\mu+1}{\mu}} \qquad (5)$$

В приведенных формулах:

$G_к$ — нагрузка, приходящаяся на колесо (кг);

D — диаметр шины (см);

B — ширина (высота) профиля шины (см);

$r_к$ — радиус качения колеса (см);

h — радиальная деформация шины (см);

H — глубина колеи (см);

c — сопротивление грунта вдавливанию на глубину 1 см;

μ — показатель, характеризующий кривую возрастания сопротивления грунта вдавливанию с глубиной.

Общий момент сопротивления качению пневматического колеса по мягкому грунту равен

$$M_{fo} = M_{fш} + M_{fк}. \qquad (6)$$

III. Определение параметра проходимости любого автомобиля на заданном типе грунта

Для определения коэффициента проходимости П необходимо знать момент сцепления ведущих колес с грунтом M_φ и момент сопротивления движению автомобиля M_f.

Для определения параметра проходимости автомобиля на данном типе грунта целесообразно иметь эталонное ведущее колесо. Эталонное ведущее колесо прокатывается по заданному грунту и в процессе его качения определяются момент сопротивления его качению $M_{fэ}$, момент сцепления колеса с грунтом $M_{\varphi э}$, деформация шины эталонного колеса $h_э$ и глубина колеи под колесом $H_э$. Эталонное колесо как бы оценивает грунт, по которому предстоит движение автомобиля.

Оптимальные параметры эталонного колеса должны быть установлены специальными испытаниями. Профиль шины эталонного колеса и нагрузка, приходящаяся на него, должны быть подобраны в соответствии с профилями шин и нагрузками на них для шин автомобилей высокой проходимости.

В диссертации выведены формулы для подсчета деформации шины h и глубины колеи H для любого автомобиля по данным прокатывания эталонного колеса по заданному грунту.

$$h = \frac{h_э r_{oэ}}{r_o}, \tag{7}$$

где h — деформация шины автомобиля;

$h_э$ — деформация шины эталонного колеса;

r_o — свободный радиус шины автомобиля;

$r_{oэ}$ — свободный радиус шины эталонного колеса.

$$H = H_э \frac{G_к \sqrt{r^3_{oэ} B_э}}{G_{кэ} \sqrt{r^3_o B}}, \tag{8}$$

где H — глубина колеи при движении автомобиля по заданному грунту;

$H_э$ — глубина колеи под эталонным колесом;

$G_к$ — нагрузка на колесо автомобиля;

$G_{кэ}$ — нагрузка на эталонное колесо;

$B_э$ — ширина шины эталонного колеса.

B — ширина шины автомобиля;

Приведенные значения h и H могут быть подставлены в в формулы (4) и (5) для подсчета момента сопротивления движению автомобиля.

Можно произвести предварительный расчет момента сопротивления движению автомобиля без эталонного колеса по формулам (4) и (5). Для этого необходимо знать значения c и μ для данного типа и состояния грунта. Значение $M_{гш}$ подсчитывается по формуле (3), если известна работа, затраченная на гистерезис шин при их однократном радиальном обжатии. Величину $M_{гк}$ можно подсчитать по формулам (4) или (5). В эти формулы вместо значения глубины колеи H и деформации шины h надо подставить их зависимости от давления воздуха в шинах. Такие зависимости были получены эмпирически из экспериментальных данных

$$h = \frac{a_д}{\sqrt{p_w}} \text{ [см]}, \tag{9}$$

где: $a_д$ =5—8.

a_0 зависит от соотношения жесткости шины и опорной поверхности и от нагрузки, приходящейся на колесо. Меньшие значения a_0 относятся к шинам большего размера.

Зависимости глубины колеи от давления воздуха в шинах различны на разных опорных поверхностях.

$$H = a_к \Gamma_w^{в_к}. \tag{10}$$

Чем плотнее грунт, тем меньше показатель степени $в_к$.

Для осенней пахоты

$$H = a_к \sqrt{p_w} \quad [см], \tag{11}$$

где: $a_к$=4—9

Для сухого песка

$$H = a_к \sqrt[5]{p_w^4} \quad [см], \tag{12}$$

где $a_к$=3—6

Глубина колеи при движении автомобиля по снегу прямолинейно зависит от давления воздуха в шинах

$$H = a_к + в_к p_w \quad [см]. \tag{13}$$

Для шин 14,00—18 $a_к$=28—30 и $в_к$=3.

Момент сцепления при предварительном подсчете можно определить по коэффициенту сцепления.

IV. Распределение крутящих моментов по осям трехосного автомобиля

При движении трехосного автомобиля распределение крутящих моментов по осям зависит от ряда факторов. К числу таких факторов относятся: нагрузка на отдельные колеса, радиальная и окружная жесткости шин, длина карданных валов и полуосей и их жесткость, люфты в сочленениях трансмиссии от раздаточной коробки до колес, тип и состояние опорной поверхности.

При движении автомобиля по твердой опорной поверхности основное влияние на распределение крутящих моментов по осям оказывают динамические радиусы колес. Величины динамических радиусов колес, в свою очередь зависят от нагрузки, приходящейся на колесо, эластичности шины и давления воздуха в ней.

Выведены формулы для определения распределения крутящих моментов по осям автомобиля при движении его по твердой опорной поверхности

$$2M_{к1} = \frac{M_f Б_0 B_0}{A_0 Б_0 + A_0 B_0 + Б_0 B_0};$$

$$2M_{к2} = \frac{M_f A_0 B_0}{A_0 Б_0 + A_0 B_0 + Б_0 B_0};$$

$$2M_{к3} = \frac{M_f A_0 Б_0}{A_0 Б_0 + A_0 B_0 + Б_0 B_0}; \qquad (14)$$

здесь

$$A_0 = \frac{2p_1}{i_0^2 \eta_{iгп}} + \frac{r_{д2}}{r_{д1} \lambda_1};$$

$$Б_0 = \frac{2p_2}{i^2_0 \eta_{iгп}} + \frac{1}{\lambda_2};$$

$$B_0 = \frac{2p_3}{i^2_0 \eta_{iгп}} + \frac{1}{\lambda_3}.$$

В этих формулах:

M_f — сопротивление движению автомобиля;

$M_{к1}$, $M_{к2}$, $M_{к3}$ — крутящие моменты, подведенные соответственно к переднему, среднему и заднему колесам;

$r_{д1}$, $r_{д2}$ — динамические радиусы соответственно переднего и среднего колес;

λ_1, λ_2, λ_3 — соответственно коэффициенты тангенциальной жесткости передней, средней и задней шин;

p_1, p_2, p_3 — соответственно податливости переднего, среднего и заднего карданных валов;

$\eta_{iгп}$ — КПД главной передачи;

i_0 — передаточное число главной передачи.

Влияние полуосей на распределение крутящих моментов не учитывалось. Необходимо все же заметить, что, несмотря на одинаковую длину и жесткость полуосей, они (за счет разной величины передаваемых моментов) будут оказывать влия-

ние на распределение крутящих моментов. Полуоси будут несколько уменьшать влияние разности длин карданных валов на перераспределение моментов между осями автомобиля.

Понижение давления воздуха в шинах значительно увеличивает радиальные деформации шин и, следовательно, оказывает существенное влияние на распределение крутящих моментов по осям. При снижении давления воздуха в шинах всех осей на одинаковую величину характер распределения крутящих моментов по осям не изменяется. Изменение давления воздуха в шинах одной из осей вызовет перераспределение крутящих моментов. Отсюда можно заключить, что изменением давления воздуха в шинах можно регулировать распределение крутящих моментов по осям автомобиля.

При движении автомобиля по мягкому грунту определить теоретически распределение крутящих моментов по осям не представилось возможным. Даны лишь экспериментальные данные распределения крутящих моментов по осям при движении автомобиля по сухому песку и сильно переувлажненной пахоте.

При движении по сухому песку на распределение крутящих моментов по осям автомобиля оказывает влияние, также как и на твердой дороге, радиальная деформация шин и длина карданных валов, но в меньшей степени.

При движении автомобиля по сильно переувлажненным грунтам на распределение крутящих моментов по осям оказывает влияние величина коэффициента сцепления с грунтом колес отдельных осей.

V. Методика проведения испытаний автомобиля на проходимость

Экспериментальная часть диссертации выполнялась в лаборатории шин Центрального научно-исследовательского института автомобильной промышленности НАМИ.

Испытаниям подвергался автомобиль ЗИЛ-121 Г. Это трехосный односкатный автомобиль типа 6 × 6, который был оборудован центральной накачкой шин, дающей возможность изменять давление воздуха в шинах непосредственно из кабины водителя.

Испытания проводились при установке на автомобиль восьмислойных шин размером 11,00—18, 12,00—18, 13,00—18 и 14,00—18 с рисунком протектора «косая расчлененная елка».

В связи с большим разнообразием грунтовых условий нами было выбрано минимально возможное число грунтовых усло-

вий, при которых возможность движения была бы более неблагоприятной и при которых можно было бы исследовать проходимость автомобиля в наиболее типичных условиях. К таким грунтовым условиям относятся: снег, сухой песок, пахота суглинистой почвы. Для сравнения испытания проводились и на бетонном шоссе.

Для проведения испытаний выбирался горизонтальный участок.

Испытания проводились отдельно с каждым размером шин. Эти испытания включали в себя следующее:

1) определение сопротивления движению ведомого автомобиля путем протягивания испытуемого автомобиля с помощью лебедки другого автомобиля;

2) определение сопротивления движению свободно движущегося автомобиля;

3) определение сопротивления движению автомобиля при наличии тяги на крюке путем буксирования другого автомобиля. Во время этих испытаний тяга на крюке доводилась до максимальной по условию сцепления колес;

4) определение расхода топлива на мерном участке.

Во время испытаний давление воздуха в шинах изменялось от 0,5 до 3,0 кг/см^2 через каждые 0,5 кг/см^2.

VI. Результаты испытаний

При движении автомобиля по твердой дороге радиальная деформация шин прогрессивно растет с уменьшением давления воздуха в них. Деформация шины переднего колеса во всех случаях несколько больше, чем деформация шин среднего и заднего колес. Это объясняется тем, что нагрузка на переднее колесо составляла 1520 кг, а на среднее и заднее по 1315 кг. При одинаковых давлениях воздуха в шинах радиальная деформация их тем меньше, чем больше размер шин.

Сопротивление движению автомобиля растет с уменьшением давления воздуха в шинах. Сопоставление моментов сопротивления движению автомобиля на шинах различного размера показывает, что наименьшее сопротивление движению автомобиля оказывается на шинах 12,00—18 и 11,00—18. Наибольшее сопротивление движению автомобиля на шинах 14,00—18.

При движении автомобиля по песку радиальная деформация шин увеличивается с уменьшением давления воздуха в них и уменьшением размера шин. Во всех случаях шины пе-

редних колес имеют несколько большую деформацию, чем шины средних и задних колес, хотя они и катятся по более рыхлому грунту. Это объясняется тем, что нагрузка на передние колеса больше, чем на средние и задние. Деформация шин средних и задних колес почти одинаковая. Это происходит в связи с тем, что сухой песок почти не уплотняется и колея после прохода колеса частично засыпается. Следовательно, средние и задние колеса катятся по почти одинаково уплотненному грунту.

Для одного и того же размера шин глубина колеи увеличивается с увеличением давления воздуха в шинах. Глубина колеи наименьшая после прохода переднего колеса и наибольшая после прохода заднего колеса. Основная величина деформации грунта (60—70%) приходится на передние колеса. При одной и той же нагрузке на колесо и одинаковых давлениях воздуха в шинах глубина колеи тем меньше, чем больше размер шин.

Момент сопротивления движению автомобиля имеет минимальную величину для всех размеров шин при давлении воздуха в них 0,8—1,0 кг/см^2.

Момент сопротивления движению автомобиля изменяется с изменением размеров шин. Для свободно движущегося автомобиля максимальное сопротивление его движению имеет место при установке на нем шин размера 11,00—18, а минимальное при установке на нем шин размера 13,00—18. С увеличением давления воздуха в шинах степень возрастания сопротивления движению определяется размером шин. Для шин меньшего размера такое возрастание сопротивления движению автомобиля значительней, чем для шин с большим размером.

Сопротивление движению ведомого автомобиля меньше при малых давлениях воздуха в шинах и больше при больших давлениях воздуха в шинах, чем сопротивление движению свободно движущегося автомобиля. Такое различие получается за счет разного характера взаимодействия с грунтом ведомых и свободных колес и наличия у ведомого автомобиля перераспределения нагрузок между осями.

Момент сцепления ведущих колес с грунтом тем больше, чем меньше давление воздуха в шинах и чем больше размер шин.

Коэффициент сцепления также увеличивается с уменьшением давления воздуха в шинах (от 0,22—0,23 до 0,40—0,44).

Коэффициент проходимости автомобиля имеет максимальное значение при давлении воздуха в шинах 0,7—0,8 кг/см^2

и равен 0,70—0,82. Наибольшее значение коэффициента проходимости автомобиля на шинах 13,00—18.

Радиальная деформация шин на осенней пахоте увеличивается с понижением давления воздуха в них и с уменьшением их размера. Деформация шин передних колес меньше, чем средних и задних, хотя нагрузка на них несколько выше. Указанное объясняется тем, что передние колеса катятся по рыхлой почве, а средние и задние по уплотненной колее. В процессе движения автомобиля почва очень хорошо уплотнялась.

Глубина колеи уменьшается с понижением давления воздуха в шинах и с увеличением размера шин. Глубина колеи под передними колесами меньше, чем под средними, а под средними меньше, чем под задними.

Минимальное сопротивление движению автомобиля при давлении воздуха в шинах 1,0—1,2 кг/см². Минимальное сопротивление движению автомобиля на шинах 12,00—18, а максимальное — на шинах 14,00—18.

Момент сцепления ведущих колес с почвой тем больше, чем больше размер шин. Момент сцепления для всех размеров шин имеет максимальное значение при давлении воздуха в шинах 1,0—1,2 кг/см².

Коэффициент сцепления изменяется от 0,51 до 0,67. При уменьшении давления воздуха в шинах и изменении размера шин нет резкого изменения коэффициента сцепления.

Максимальное значение коэффициента проходимости при давлении воздуха в шинах 1,0 кг/см².

Наибольшее значение коэффициента проходимости 0,89 при движении автомобиля на шинах 12,00—18.

Радиальная деформация шин на весенней пахоте тем меньше, чем больше давление воздуха в шинах. Шины передних колес имеют несколько меньшую деформацию, чем шины средних и задних колес. Разница между деформациями шин передних, средних и задних колес незначительна.

Несмотря на значительное уменьшение несущей способности почвы в переувлажненном состоянии, величина радиальной деформации шин на весенней пахоте примерно такая же, как и на осенней пахоте. Это объясняется тем, что колеса проваливаются сквозь верхний переувлажненный слой почвы и опираются на более плотный подстилающий слой. Несущая способность этого подстилающего слоя и определяет, в основном, величину деформации шин. При отсутствии подстилаю-

щего слоя автомобиль глубоко погрузился бы в почву и не смог двигаться.

Сопротивление движению автомобиля при понижении давления воздуха в шинах от 3,0 до 2,0 кг/см² почти не меняется. Дальнейшее понижение давления воздуха в шинах приводит к уменьшению сопротивления движению автомобиля. Минимальное сопротивление оказывается автомобилю при движении его на шинах 12,00—18, а максимальное — на шинах 11,00—18. Увеличение сопротивления движению автомобиля на шинах 11,00—18 по сравнению с движением на шинах 12,00—18 объясняется главным образом задеванием картерами мостов за почву. При движении автомобиля на шинах 14,00—18 повышенное сопротивление движению по сравнению с движением на шинах 12,00—18 объясняется значительными потерями на деформацию шин 14,00—18 по сравнению с шинами 12,00—18.

Оптимального давления воздуха в шинах по сопротивлению движению автомобиля не получено.

Момент сцепления ведущих колес с почвой имеет максимальное значение при давлении воздуха в шинах 1,5 кг/см². При этом же давлении воздуха в шинах максимальное значение коэффициента сцепления (0,30).

Наибольшее значение коэффициента проходимости 0,43 при давлении воздуха в шинах 0,5 кг/см².

Радиальная деформация шин при движении автомобиля по хорошо уплотняемому снегу увеличивается с понижением давления воздуха в них. У передних колес она существенно меньше, чем у шин задних колес. Это происходит потому, что задние колеса катятся по уплотненной колее.

Глубина колеи увеличивается с повышением давления воздуха в шинах. Под передними колесами она меньше, чем под задними.

Сопротивление движению автомобиля уменьшается с понижением давления воздуха в шинах. При давлении воздуха в шинах 0,8—0,9 кг/см² сопротивление движению имеет минимальную величину. Сопротивление движению автомобиля тем больше, чем меньше размер шин установлен на машине. В большей степени это объясняется тем, что чем меньше размер шин, тем больше потери на сдвиг снега картерами мостов.

Момент сцепления ведущих колес со снегом увеличивается с понижением давления воздуха в шинах и с увеличением размера шин.

Значения коэффициента сцепления для шин различного размера изменяются от 0,16 до 0,45. Максимальный коэффициент сцепления при движении на шинах 14,00—18.

Коэффициент проходимости автомобиля тем больше, чем больше размер шин и ниже давление воздуха в них. Максимальное значение коэффициента проходимости равно 0,65 при движении автомобиля на шинах 14,00—18 при давлении воздуха в них 0,5 кг/см^2.

Движение испытуемого автомобиля на шинах 11,00—18 во всем диапазоне изменения давления воздуха в них и на шинах 12,00—18 при давлении воздуха в них выше 1,8 кг/см^2 не может превосходить, так как в этих случаях коэффициент проходимости имеет отрицательные значения.

Испытуемый автомобиль на всех размерах шин имеет максимальный расход топлива при движении по снежной целине, а минимальное — при движении по бетонному шоссе. Расход топлива на осенней пахоте и сухом песке меньше, чем на снежной целине. Соотношение между расходами топлива на этих грунтах такое же, как и соотношение между сопротивлениями движению.

VII. Общие выводы

Проведенная работа позволяет сделать следующие выводы:

1. Оценку проходимости автомобиля наиболее правильно производить коэффициентом проходимости П (1) и (2).

2. После определения коэффициента проходимости автомобиля необходимо произвести экономическую оценку, т. е. подсчитать какой ценой достигнуто повышение проходимости автомобиля. Для этого необходимо в дальнейших работах ввести экономический показатель проходимости автомобиля.

3. Момент M_φ можно подсчитать по данным опытов или по значениям коэффициентов сцепления.

Давление воздуха в шинах оказывает существенное влияние на M_φ. С понижением давления воздуха в шинах M_φ растет почти на всех типах опорной поверхности. На сильно переувлажненных грунтах имеется оптимальное давление воздуха в шинах по условию сцепления ведущих колес с грунтом. На весенней пахоте это давление воздуха в шинах составляет 1,5 кг/см^2. На твердой дороге влияние давления воздуха в шинах на M_φ не исследовалось.

4. Сопротивление движению автомобиля на мягком грунте складывается, в основном, из потерь на деформацию шин и потерь на деформацию грунта.

Потери на деформацию шин можно определить по работе A_1 на гистерезис при однократном радиальном обжатии этой шины, используя формулу (3).

Уменьшение давления воздуха в шинах увеличивает потери на их деформацию.

Потери на деформацию грунта можно определить по предложенным формулам (4) и (5).

Понижение давления воздуха в шинах уменьшает потери на деформацию грунта.

5. Для определения радиальной деформации шин h и глубины колеи H в заданных дорожных условиях предложено использовать эталонное колесо. Для предварительного расчета эти данные можно получить из эмпирических формул (9)—(13).

6. Снижение давления воздуха в шинах до некоторого предела уменьшает суммарные потери на движение автомобиля по мягким грунтам.

Оптимальными давлениями воздуха в шинах следует считать:

на сухом песке	0,8—1,0 кг/см²,
на осенней пахоте	1,0—1,5 кг/см²,
на хорошо уплотняемом снеге	0,8—1,0 кг/см².

72821/7

Уменьшение давления воздуха в шинах является одним из наиболее эффективных средств повышения проходимости автомобилей.

7. Размер шин оказывает влияние на проходимость автомобилей. На твердой дороге увеличение размера шин приводит к возрастанию сопротивления движению автомобиля. Имеется некоторый интервал изменения размеров шин, в котором сопротивление движению автомобиля на твердой дороге изменяется незначительно. На мягких грунтах для каждого типа и состояния опорной поверхности имеется свой оптимальный размер шин.

На автомобили типа ЗИЛ с колесной формулой 6×6, работающие на сравнительно плотных грунтах (типа осенней пахоты), следует устанавливать шины 12,00—18. На указанные автомобили, работающие на переувлажненных или сыпучих грунтах, необходимо устанавливать шины повышенного размера — 13,00—18.

8. Основное влияние на распределение крутящих моментов по осям трехосного автомобиля при движении его по твердой дороге оказывает радиальная деформация шин и дли-

на карданных валов. Изменение величины радиальной деформации шин и изменение длины карданных валов приводит к перераспределению моментов, передаваемых к отдельным осям автомобиля. Увеличение радиальной деформации шин снижает момент, передаваемый к этим колесам. Увеличение длины карданного вала также снижает момент, передаваемый на ось. Изменение радиальной деформации шин оказывает более существенное влияние, чем длина карданных валов, на распределение крутящих моментов по осям автомобиля.

Распределение крутящих моментов по осям трехосного автомобиля при движении его по твердой дороге можно определить по формулам (14).

9. При движении автомобиля по мягкому грунту на распределение крутящих моментов по осям оказывает влияние не только радиальная деформация шин и длина карданных валов, но и тип и состояние грунта.

При движении автомобиля по сухому песку основное влияние на распределение крутящих моментов по осям оказывает радиальная деформация шин и длина карданных валов, но в меньшей степени, чем на твердой дороге.

При движении автомобиля по сильно переувлажненной пахоте основное влияние на распределение крутящих моментов по осям оказывает величина коэффициента сцепления колес с опорной поверхностью.

Распределение крутящих моментов по осям автомобиля можно изменять путем уменьшения или увеличения давления воздуха в шинах колес отдельных осей.

Настоящая работа является лишь частью исследований проходимости автомобилей.

Для более полного исследования проходимости автомобилей и возможности теоретического определения оптимальных параметров шин автомобилей необходимо:

1. Исследование границ изменения соотношения К для отечественных шин с регулируемым давлением воздуха в них.

2. Широкое исследование сопротивлений различных типов грунтов на сдвиг.

3. Разработка эталонного ведущего колеса.

4. Исследование потерь на буксование колес.

5. Исследование влияния различного давления воздуха в шинах отдельных осей на проходимость автомобилей.

Л 37557 от 14/I—59 г. Тип. МВТУ Зак. 2490—150