

Специальное приложение журнала "Изобретатель"

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Редколлегия:

Бородуля В.А. – доктор техн. наук, профессор, чл. кор. НАН Беларуси

Герасимович Л.С. – доктор техн. наук, профессор, академик НАН Беларуси

Девойно О.Г. - доктор техн. наук, профессор

Ивашко В.С. - доктор техн. наук, профессор

Ловшенко Г.Ф. - доктор техн. наук, профессор

Саранцев В. В., канд. техн. наук, доцент, отв. секретарь

Струк В.А. - доктор техн. наук, профессор

Ярошевич В.К. - доктор техн. наук, профессор

УДК 631.3.072

Содержание:

1. ПОВЫШЕНИЕ ПРОХОДИМОСТИ АВТОМОБИЛЯ МАЗ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

2. МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МНОГООРУБЕНЧАТОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ КОРОБКОЙ ПЕРЕДАЧ

3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЦИСТЕРН С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ ЖИДКИХ ГРУЗОВ

ПОВЫШЕНИЕ ПРОХОДИМОСТИ АВТОМОБИЛЯ МАЗ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А.И. Бобровник, доктор технических наук,
Белорусский национальный технический университет

Резюме. В статье рассмотрены условия работы создаваемого на ОАО «МАЗ» автомобиля для использования в лесном хозяйстве. Приводится техническая характеристика проектируемого автомобиля, современное состояние и направления развития ходовых систем мобильных машин высокой проходимости при их эксплуатации на различных типах лесных угодий, в условиях бездорожья, весной и осенью распутицу. Показаны преимущества и недостатки механических, гидравлических, электромеханических приводов. Дан анализ основных типов современных двигателей: пневматических гусениц, цепей противоскольжения, быстро устанавливаемых сегментных цепей, ленточных и дискретных уширителей. Предложен гидрав-

лический привод передних управляемых колес.

Summary. In article operating conditions of the car created on JSC MAZ for use in forestry are considered. The technical characteristics of the designed car, current state and the directions of development of running systems of mobile cars of high passability is given at their operation on various types of forest grounds, in cross-country conditions, a spring and autumn impassability of roads. Advantages and shortcomings of mechanical, hydraulic, electromechanical drives are shown. The analysis of the main types of modern propellers is given: pneumatic caterpillars, chains of the antisliding, quickly established segment chains, tape and discrete expanders. The

hydraulic drive of forward operated wheels is offered.

Введение. Государственной научно-технической программой «Машиностроение» на 2011-2015 годы предусмотрено ОАО «МАЗ» и другим организациям разработать и освоить производство автомобилей с колесной формулой 6×4 с технически допустимой общей массой 25 т для использования в лесном и сельском хозяйстве».

Техническая характеристика разрабатываемого автомобиля: колесная формула 6×4, общая масса – 24 т, мощность двигателя 185 кВт, ресурс – 809 тыс. км. Аналог СНГ – КАМАЗ – 6515-049-97, аналог ЕС – Mercedes Benz ACTROS 3336 K.

Разрабатываемый автомобиль предназначен для выполнения транспортных операций в технологическом цикле лесохозяйственного производства и должен удовлетворять следующим специфическим требованиям: иметь повышенную проходимость; иметь устройства отбора мощности для привода специального оборудования; оказывать минимальное воздействие на грунт; предусматривать эксплуатацию на дорогах общего пользования.

Повышение производительности и проходимости создаваемых автомобилей обеспечивается за счет применения колесной формулы 6×4, снижения нагрузки на тележку ведущих мостов до 18 – 19 тонн и двускатной ошиновки ведущих мостов. Высокопроизводительная работа автомобиля-самосвала достигается благодаря уменьшению снаряженной массы автомобиля, применению надставных бортов, сокращению времени погрузочно-разгрузочных работ за счет использования трехсторонней разгрузки платформы.

Автомобили будут соответствовать экологическому классу Евро-4 и предусматривать модернизацию при необходимости до уровня Евро-5 с минимальными конструктивными доработками.

Создаваемые универсальные шасси и автомобили самосвалы на их базе будут обладать повышенными потребительскими свойствами по проходимости, улучшенными характеристиками, при круглогодичной эксплуатации. Особенностью транспортных средств является обеспечение выполнения транспортных работ в условиях бездорожья, особенно в осеннюю и весеннюю распутицу или зимой, когда средняя техническая скорость снижается.

Основная часть. В лесном комплексе большинство технологических операций при заготовке и вывозки древесины при рубках ухода и главных рубках на всевозможных неудобьях, выполняется машинами и орудиями на тракторной тяге и автомобилями.-тягачами-лесовозами МАЗ-543403 (колесная формула 4х4), ТМ-39 (Урал-4320) (6х6), Урал 43204-41 (6х6) с нагрузкой на коник 3600-6000 кг. Большую нагрузку на коник -11000-15200 кг имеют тягачи-лесовозы МАЗ-641705200 и МАЗ-641808. Применение неприспособленных тракторов из других отраслей для выполнения многих специфических технологических операций (например, расчистки вырубок от порубочных остатков, валежника и пней на не раскорчеванных вырубках; осветления культур, прореживания, санитарных, проходных и постепенных рубок) не способствует содействию естественного возобновления леса.

Эти работы характеризуются наличием большого количества препятствий, ряд из которых представляют собой

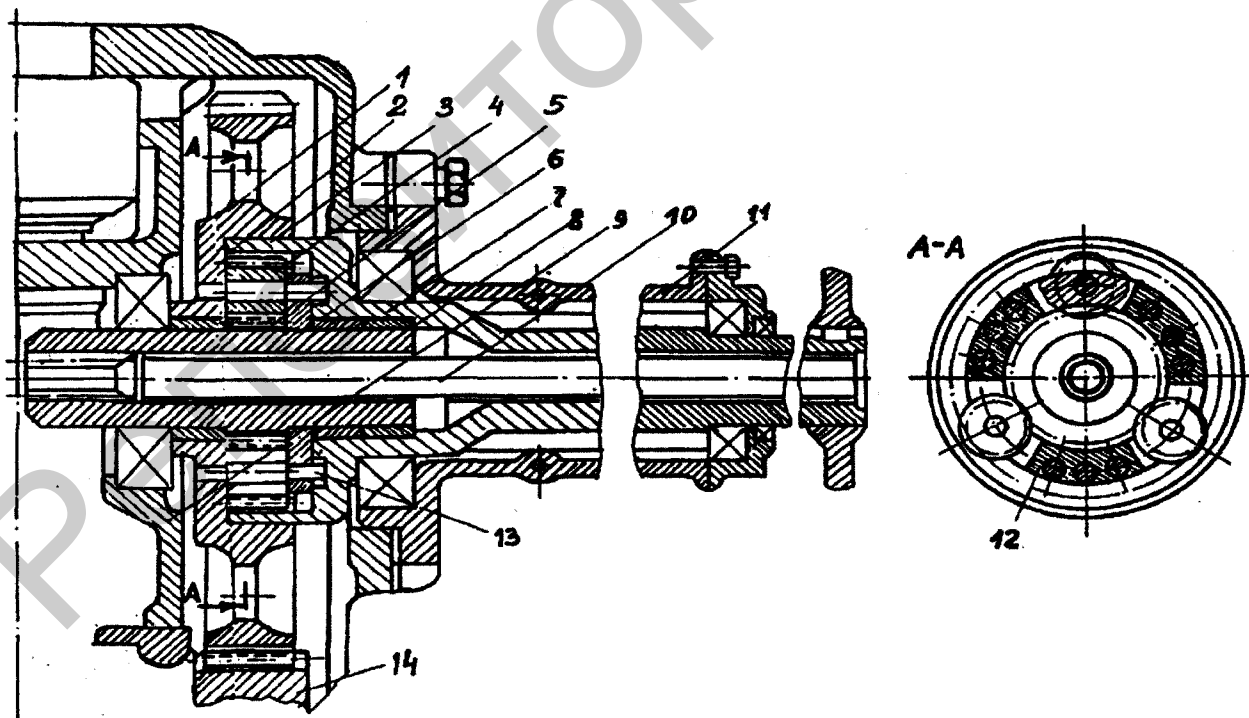


Рис. 1. Уруго-эластичный привод трактора «МТЗ-80»

1 – колесо; 2 – планетарный механизм; 3, 5, 14 – шестерни; 4 – сателлиты; 6 – водило; 7 – полуось; 8 – вал; 9 – корпус; 10 – торсионный вал; 11 – рукав; 12 – перемишки; 13 – оси.

растущие деревья, молодой подрост ценных пород, почвенный покров. Эти и другие факторы обуславливают специфические требования: повреждения оставляемых на корню деревьев, не должно превышать 3 %, обдир коры на участке ствола длиной не более 10 – 15 см и шириной до 5 см, поломка боковых ветвей не более 5 %, сохранность подроста не менее 70 – 80 %, Допустимое давление на почву – до 60 кПа [1].

Концепция машин для работы под пологом леса и на сплошных рубках рассматривается как концепция агрегата, учитывающей возможность свободного движения и осуществления технологических операций с применением блочно-модульной конструкции, состоящей из моторно-трансмиссионного модуля и транспортно-технологического модуля. Оба модуля соединяются между собой шарнирно через вертикальную ось вращения и управляются двумя гидроцилиндрами. Угол управления в пределах 40 – 60° достаточен для движения в транспортном потоке. Подобные конструкции широко применяются в харвестерах (валочно-сучкорезно-раскряжевочных машинах) и форвардерах (сортиментовозах), выпускаемых фирмами Norcar, Lokoto, Kanto-Repola (Финляндия); Timberjack (Канада) и др. Гарантией высоких результатов являются исполнение движителей в виде балансирных тандемных тележек, применение колес одинакового размера с эластичными сверхнизкого давления шинами шириной 550, 600, 650 или 700 мм, с размещением их по схемам 6x6 или 8x8, а также 4x4, т. е. все колеса ведущие; установка на тандемные тележки быстросъемных гусеничных лент и цепей на одиночные колеса при работе на слабонесущих грунтах и по снегу [1].

Опорно-сцепная проходимость мобильных машин зависит от свойств движения и тягово-сцепных качеств машины в целом [2]. Автомобили повышенной проходимости представляют собой, как правило, модификацию основных моделей ограниченной проходимости, отличаясь от них некоторыми конструктивными особенностями: приводом на все колеса, пониженным или регулируемым давлением воздуха в шинах, блокируемым дифференциалом.

Известно, что касательные силы на ведомом и ведущем колесах действуют в противоположных направлениях. Наличие горизонтальных напряжений почвы как под ведомым, так и под ведущим колесом приводит к деформации уплотнения и сдвига в направлении движения колеса. Вследствие этого у его передней части образуется почвенный клин. С увеличением деформации почвы в горизонтальном направлении и глубины колеи возрастают количество почвы и высота клина перед колесом. Это явление называют бульдозерным эффектом.

Если жесткость шины значительно больше жесткости почвы, то шина погружается в нее без деформации (как твердое тело) или испытывает небольшую деформацию. Образуется глубокая колея [3]. Если жесткость шины значительно ниже плотности грунта, то шина излишне деформируется, вследствие чего увеличивается плотность пятна контакта и нарушается баланс между силами сцепления и сопротивления качению. Наиболее доступным средством



Рис. 2. Полугусеничный транспортер

повышения проходимости мобильных машин является снижения давления в шинах задних колес до 80 – 100 кПа (0,08 – 0,1 МПа), передних до 140 (0,14 МПа).

Коэффициенты сопротивления качению и сцепления зависят от агрофона, конструкции шины, давления воздуха в ней, скорости движения, вертикальной нагрузки и других факторов [4, 5, 6]. Значение этих параметров, по данным различных авторов, изменяются в большом диапазоне [7].

В приводах колес обычно используют три вида энергии информационного сигнала: электрическую, гидравлическую пневматическую, механическую и их комбинации. Скорость передачи информационного импульса составляет 0,30 Мм/с у электрического сигнала, 1000 м/с у гидравлического и 300 м/с у пневматического [8]. Силовая напряженность, то есть предельно возможные усилия, развиваемые на единицу активной поверхности составляет у электродвигателей (10 – 20) кг/см², у гидравлических двигателей (100 – 300) кг/см², у пневмодвигателей (50 – 300) кг/см² и более. Быстродействие различных приводов можно оценивать по величине предельных угловых ускорений при разгоне для вращающихся приводов 1000 1/с² у электроприводов, 10000 1/с² у гидроприводов, и по времена торможения (0,1 – 0,3) с² у электроприводов, (0,001 – 0,0001) с² у гидроприводов и (0,1 – 0,01) с² у пневмоприводов. Удельные массовые показатели составляют (0,3 – 0,4) кг/кВт у гидроприводов и (2 – 30) кг/кВт у электроприводов. Достоинства и недостатки различных приводов таковы, что не позволяют сделать вывод о преимуществах какого-либо привода. Гидравлический привод обеспечивает минимальные массогабаритные параметры.

Для снижения динамических нагрузок в приводе механических передач (в 1,5 раза и более) совместно с ПО «МТЗ» предложены схемы приводов, содержащие упругий вал (торсион) и планетарную передачу (рисунок №1), позволяющую разделить крутящий момент на полуось и размещенный внутри торсион [9]. При использовании упруго-эластичного привода минимальная угловая скорость двигателя увеличивается на 2...8 %, путь и время разгона агрегата сокращается на 10...20 %, а максимальные нагрузки на полуоси транспортного средства снижаются в 1,2...2 раза. [9].

Для привода технологического оборудования на автомобиле будет установлена гидравлическая система, включающая насос, фильтры, бак, распределители и другие узлы), которые будут использованы также для привода переднего ведущего моста.

В результате анализа встречающихся в эксплуатации приводов ходовых систем автомобилей наиболее перспективной является система HydroDrive. Инженеры компании внедрили в производство систему MAN HydroDrive [10]. Главными элементами системы являются гидравлические (гидрообъемные) моторы, располагаемые внутри ступиц передних колес. Именно они обеспечивают дополнительную тягу на передней оси. Новая система идеально подходит для грузовиков, большую часть времени передвигающихся по хорошим дорогам. А устанавливать ее начали на грузовиков серии TGA – седельные тягачи, самосвалы и грузовики различного назначения с полной массой более 18,0 т. Система MAN HydroDrive состоит из гидравлического насоса высокого давления, одного резервуара для масла, охладителя масла и клапанного блока. Решающий плюс этой инновационной системы: повышение тяги при необходимости без увеличения веса и расхода топлива, использование ее в обычных полноприводных системах.

Одним из движителей, значительно повышающим проходимость транспортных средств являются пневматические гусеницы, однако при этом сохраняются многие недостатки традиционных гусеничных машин.

Hover-Track-540 – вездеходный полугусеничный самосвальный транспортёр с системой «мультилифт», предназначенный для перевозки грузов (в первую очередь сыпучих) на грунтах с низкой несущей способностью (рисунок № 2). Разработан и производится с 2008 года компанией Veldhuizen [11].

Нидерландская фирма Veldhuizen Wagenbouw, специализируется на глубокой переделке стандартных грузовых автомобильных шасси в специализированные автомобили (в том числе высокой проходимости, выпускаемые под маркой Hover-Track).. Hover-Track-540 – полугусеничный автомобиль-транспортёр высокой проходимости, созданный на базе узлов и агрегатов итальянского полноприводного автомобиля Iveco Trakker, имеющего колёсную формулу 6×6. Низкое удельное давление на грунт полугусеничного

двигателя и применение в нём «тракторных» резиновых гусениц и колёс с шинами низкого давления способствует минимизации повреждения почвы, делая машину более привлекательной с экологической точки зрения, прежде всего – для сельского и лесного хозяйства.

Из средств, повышающих проходимость автомобиля в сложных дорожных условиях [12], широкое распространение получили металлические цепи противоскольжения. По конструкции цепи противоскольжения бывают: мелкозвенчатые, траковые, гусеничные. При применении цепей противоскольжения на крайних колесах ведущей оси двигаясь по заснеженным или обледенелым дорогам тяговые



Рис. 3. Аварийные сегментные цепи Pewag cervino

свойства увеличиваются на 25 %. А при использовании цепей противоскольжения «спарка» тяговое усилие возрастает до 60 %. Ощутимый эффект повышения проходимости наблюдается лишь при глубине снега до $0,5R_k$ (радиуса колеса), при этом происходит повышение тягово-сцепных свойств машины (сила тяги увеличивается в среднем на 30 %) и не существенный рост сопротивления движения (сила сопротивления возрастает на 10 – 15 %).

Исходя из значений коэффициентов сопротивления качению и сцепления составлена таблицу ориентировочных данных коэффициентов сопротивления качению f и коэффициентов сцепления Φ_x с применением на автомобилях цепей противоскольжения, по которой проверяется условие проходимости.

(Таб.3)

Значения коэффициентов сопротивления качению/сцепления и условие проходимости

Дорожные условия	Без цепей противоскольжения			С цепями противоскольжения		
	f	Φ_x	Условие проходимости	f	Φ_x	Условие проходимости
Размокшая грунтовая дорога	0,1–0,25	0,25–0,4	Не выполняется	0,1–0,2	0,325–0,5	0,125-0,4
Песок	0,1–0,3	0,2–0,5	Не выполняется	0,125–0,25	0,3–0,6	0,05-0,475
Заболоченная местность	0,2–0,35	0,1–0,3	Не выполняется	0,2–0,325	0,2–0,35	Не выполняется
Снежная целина	0,2–0,3	0,15–0,25	Не выполняется	0,175–0,275	0,2–0,3	Не выполняется

Для дорожных условий, на которых не выполняется условие проходимости с цепями противоскольжения, требуются другие технические решения, увеличивающие значение коэффициента $\Phi_x \Phi_x$.

Производителями цепей противоскольжения для автомобилей является ООО «Эрмика». Фирма «АвтоПромСкан» поставляет цепи противоскольжения из цепи 6 мм на колеса Bridgestone, Yokohama, Toyo, КамАЗ-4308, МАЗ-437040, с 17,5-дюймовыми колёсными дисками отечественного и импортного производства. Цепи противоскольжения PEWAG-Австрия (МАЗ, КАМАЗ) легко монтируется благодаря своему небольшому весу. Цепи Rewag производятся с толщиной материала звеньев квадратного сечения 4,5 мм 5,6 мм и 7 мм в зависимости от размера цепи. Rewag использует сварные кольца с диаметром прутка 7 мм и боковые крюки большего диаметра, связывающие рабочую сетку цепи с боковыми цепями. ЗАО «Jurpostechnika», LT-76180 Шяуляй, Литва, серия SuperA23104 для шин 295/80 R 22.5 («МАЗ»). Стандартные цепи противоскольжения устанавливаются на колеса в начале запланированного подъема или участка со слабой несущей способностью. они монтируются методом наезда на цепь. Аварийные сегментные цепи Rewag cervino (рисунок 3) быстро устанавливаются на неподвижные колеса и так же быстро могут быть демонтированы после преодоления сложного скользкого участка дороги или подъема. Основная задача аварийных сегментных цепей – это экстренная помощь в непредвиденной ситуации на дороге. Модель цепи тип А универсальная и рассчитана на размеры шин: 10.00 R20, 11.00 R20, 12.00 R20, 11 R22.5, 12 R22.5, 13 R22.5, 295/80 R22.5 («МАЗ»), 305/70 R22.5, 315/60 R22.5, 315/70 R22.5, 315/80 R22.5.

Одним из способов повышения проходимости колесных машин является применение дискретных уширителей. Увеличение количества уширителей до 14 обеспечивает снижение силы сопротивления движению на 30 %, прирост силы тяги – на 18 %. При этом преодолеваемая высота снежного покрова увеличивается примерно на 25 % [13]. Применение ленточного уширителя, представляющего собой две резинотканевые ленты, соединенные металлическими грунтозацепами и одевающимися аналогично цепям противоскольжения, увеличивает тяговое усилие колесной машины на снежной целине на 20 – 25 % и снижает сопротивление движению на 30 %. Однако применение уширителей увеличивает габаритную ширину машины, а при поворотах эти уширители имеют большую склонность к спаданию [12]. Для повышения курсовой устойчивости на обледенелых дорогах и повышения проходимости на снежной целине наибольший интерес из этих конструкций представляют сегментные цепи [14]. и уширители, установленные на цепи противоскольжения Шина с цепями противоскольжения и уширителями на твердых грунтах опирается на поверхность шины и цепи противоскольжения. Уширители же нагружаются только

при движении по деформируемому грунту и при наезде на различные препятствия.

Заключение. Анализ направлений развития автотранспорта для лесного хозяйства показывает, что для обеспечения проходимости машин допустимое удельное давление на почву не должно превышать 60 кПа. Достоинства и недостатки различных приводов ходовых систем не позволяют сделать вывод о преимуществах какого-либо привода. В последние годы получили развитие как гидравлические, так и электрические трансмиссии, базирующиеся на использовании однотипных, унифицированных агрегатов. Предложен гидравлический привод передних управляемых колес с установкой гидравлических моторов, запитанных от системы автомобиля МАЗ, включающей насос, фильтры, бак, распределители и другие узлы, которые могут быть использованы также для технологического оборудования автомобиля. Для повышения проходимости на обледенелых дорогах и на снежной целине предложено устанавливать уширители и серийно-выпускаемые аварийные сегментные цепи и цепи противоскольжения.

Литература

1. Бартенев И.М., Драпалюк М. В. Состояние и направления развития тракторостроения для лесного комплекса. Тракторы и сельхозмашины, № 11, 2012 г, с.3-6.
2. В.П. Тарасик. Теория движения автомобиля. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2006 г., 479 с.
3. Кацыгин В.В., Кринко М.С., Мельников Е.С. Скоростные энергонасыщенные трактора, Минск, Ураджай, 1979 г., 175 с.
4. А.В. Новиков Техническое обеспечение производства продукции растениеводства Практикум. Под. ред. А.В. Новикова, Минск БГАТУ, 2011 г., 407 с.
5. Платонов В.Ф. Гусеничные транспорты – тягачи. М «Машиностроение» 1978 г., 351 с.
6. Бабков А.Ф. Автомобильные дороги, М.1960 г.
7. А.А. Ерофеев «Автоматизированные системы управления строительными машинами» Ленинград, Машиностроение, 1977 г., 224 с.
8. Бобровник А.И. Повышение эксплуатационных качеств мобильных агрегатов для внесения удобрений, Минск, МТЗ. 1997 г., 160 с. [10.file://localhost/F:/НАН%20%20РБ/Работа%20по%20Договору/Гидропривод%20перднего%20моста/MAN%20TGX.mht](file://localhost/F:/НАН%20%20РБ/Работа%20по%20Договору/Гидропривод%20перднего%20моста/MAN%20TGX.mht)
9. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Hover-Track-540> (полугусеничный транспортер)
10. Вождение автомобиля в сложных дорожных условиях, И. М. Юрковский, Москва, 1970 г.
11. Беляков В.В. Взаимодействие со снежным покровом эластичных движителей специальных транспортных машин: дис. д-ра техн. наук: 05.05.03. НГТУ, Н.Новгород, 1999 г. – 485 с.
12. <http://avtointeres.ru/archives/1011>