

Современные полноприводные колесные машины с независимой подвеской и осевой нагрузкой 7,0–11,5 тонн

© А.Н. Вержбицкий, Г.О. Котиев, А.Б. Фоминых

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Проведен поиск и анализ известных типов перспективных транспортных средств высокой проходимости с колесными движителями, имеющими независимую подвеску. Сравнительный анализ существующих и перспективных транспортных средств позволил выявить наиболее перспективные образцы и технические решения, способные обеспечить наземную транспортную инфраструктуру, в том числе в труднодоступных районах Российской Федерации.

Ключевые слова: транспортное средство, высокая проходимость, независимая подвеска, поперечный рычаг, упругий элемент.

Полноприводные колесные машины находят широкое применение как в армии, так и в народном хозяйстве. Причем машины с заявленной изготовителем номинальной скоростью более 100 км/ч и осевыми нагрузками 7,5...12,5 т на мостах с односкатным расположением шин регулируемого давления вынуждены ограничивать свои эксплуатационные скоростные показатели в связи с отсутствием в массовом производстве таких шин.

Вместе с тем, как видно на рис. 1 [1, 2], за рубежом серийно выпускаются автомобили, имеющие максимальную скорость около 100 км/ч. Это МТ12 Bedford (Великобритания), М110Е21WM IVECO (Италия), семейство автомобилей МTVR (МК23, МК25, МК27, МК28 и др.) Oshkosh (США), Е11Т SISU (Финляндия), ряд многоцелевых автомобилей КамАЗ. У большинства же отечественных многоцелевых автомобилей максимальная скорость составляет 85...90 км/ч.

Тенденции изменения максимальной скорости автомобилей многоцелевого назначения во времени прослеживаются на рис. 2 [1, 3]. В качестве образцов рассматривали трехосные автомобили как наиболее массовые. На рисунке видно, что за последние 50 лет их максимальная (номинальная) скорость возросла в среднем на 20...25 км/ч, достигнув у лучших зарубежных образцов 105 км/ч (М110Е21WM IVECO, МК23 Oshkosh) и 115 км/ч (Е11Т SISU), и продолжает расти. Верхняя линия, ограничивающая коридор раз-

броса скоростей, показывает, что в настоящее время реально ожидать появления большого количества моделей с номинальной скоростью движения 105...120 км/ч.

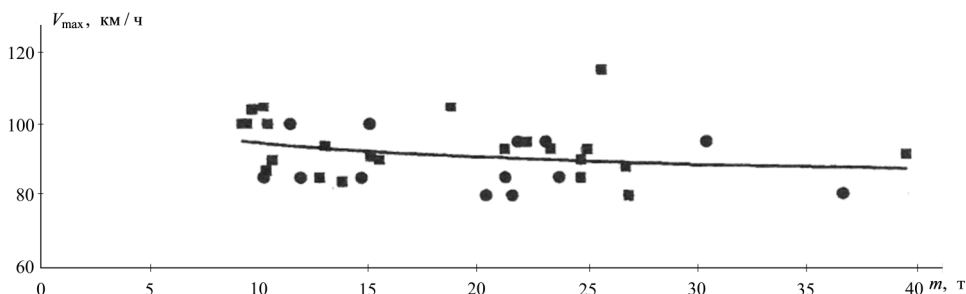


Рис. 1. Зависимость максимальной скорости транспортных средств от полной массы

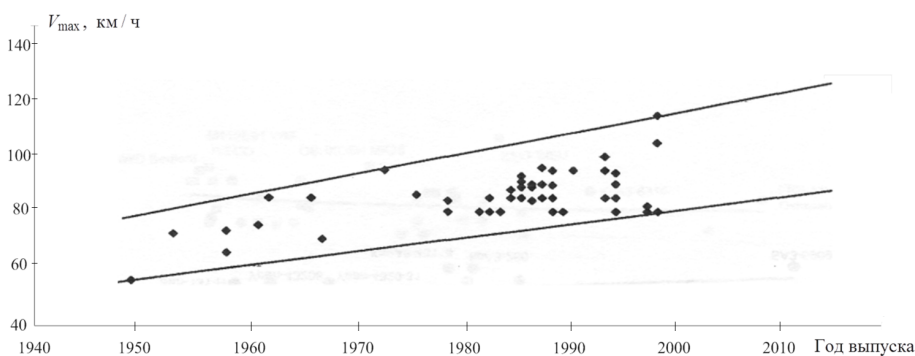


Рис. 2. Тенденции изменения максимальной скорости автомобилей многоцелевого назначения типа 6×6

Подавляющее большинство грузовых полноприводных автомобилей во всем мире выполняется по схеме с зависимой автономной подвеской передних и задних мостов автомобилей типа 4×4 и передних мостов автомобилей типа 6×6. В качестве упругих элементов используют листовые рессоры, реже винтовые пружины. Подвеска задних мостов автомобилей типа 6×6 и 8×8 чаще зависимая балансирующая и реже зависимая автономная.

Полный ход у зависимых подвесок автомобилей как отечественных, так и зарубежных производителей редко превышает 220...250 мм, что и вызывает ограничение средних скоростей движения в условиях плохих дорог и бездорожья.

Максимальную и особенно эксплуатационную скорости движения в наиболее характерных условиях бездорожья можно повысить переходом от зависимых к независимым подвескам и увеличением полного хода подвески до 350...400 мм.

Среди колесных бронетранспортеров, бронетранспортеров и специальных шасси наиболее представительна группа полноприводных транспортных средств с независимыми подвесками. В нее входят известные отечественные машины БТР-60, БТР-70, БТР-80, БТР-90, «Тигр», БАЗ-135, БАЗ-69501, БАЗ-5921, БАЗ-6909 и ряд других, а также зарубежные AML, VCR, ERC-90, Hummer, Puma 6634, AMX-10CR, Alvis Stalwort.

Наибольшую известность среди транспортных средств с независимой подвеской и нагрузкой на ось более 7,5 т приобрели автомобили семейства Oshkosh MTRV (с колесной формулой 4×4, 6×6 и 8×8) различного назначения и модификаций. На всех машинах семейств 4×4 и 6×6 применены единые двигатель и автоматическая коробка передач. В основе унификации автомобилей семейства лежат мосты с единой шиной регулируемого давления модели 16.00R20 XZL и рычажной пружинной подвеской Oshkosh TAK-4. Нагрузка на управляемый мост базовой модели составляет 7257 кг, на средний мост 10 660 кг, на задний мост 11 570 кг. Полный ход переднего колеса 406 мм, среднего и заднего — 325 мм; дорожный просвет 462 мм. Грузоподъемность трехосных машин 7,1 т на местности и до 15 т на дорогах. Благодаря дополнительному оборудованию температурный диапазон может быть расширен от -32...+52 °С до -46...+66 °С. Автомобили преодолевают 60 %-й подъем, 30 %-й косогор, брод глубиной до 1,52 м, могут буксировать прицеп массой до 10 т. Заявленная максимальная скорость 105 км/ч, по всей вероятности, является номинальной.

В состав семейства Oshkosh MTRV при унификации основных агрегатов входят, в частности, следующие автомобили:

- грузовик с короткой базой с колесной формулой 4×4 (рис. 3);
- грузовики МК23 (рис. 4), МК25, МК27 и МК28, самосвалы МК29 (рис. 5) и МК30, седельный тягач, 8,5-т контейнеровоз, заправщик и эвакуатор, все с колесной формулой 6×6;
- 16,5-т контейнеровоз LHS с колесной формулой 8×8 (рис. 6).

Все машины семейства MTRV имеют трехместную алюминиевую кабину, оборудованы электронными системами антиблокировки тормозов (ABS), автоматического управления буксованием (ATC), автоматического регулирования давления воздуха в шинах (CTIS), бортовой диагностической системой (OBDS) и системой управления подачей топлива (ECU).



Рис. 3. Грузовик 4×4 с короткой базой семейства Oshkosh MTVR



Рис. 4. Базовый грузовик МК23 6×6 семейства Oshkosh MTVR



Рис. 5. Самосвал МК29 6×6 семейства Oshkosh MTRV



Рис. 6. 16,5-т контейнеровоз LHS 8×8 семейства Oshkosh MTRV с управляемыми колесами на 1, 3 и 4-м мостах

Oshkosh также производит ряд транспортных средств специального назначения с независимой подвеской ТАК-4, среди которых аэродромные пожарные машины 4×4, 6×6 и 8×8 (рис. 7), специальные армейские шасси типа 8×8 и 10×10 (рис. 8, а, б), в том числе с электроприводом (рис. 8, в).



а



б

Рис. 7. Пожарные аэродромные автомобили Striker 3000 6×6 (а) и Striker 4500 8×8 (б)



а



б



в

Рис. 8. Специальные транспортные средства:

а — Truck Tractor LVSR MKR16 с управляемыми 1, 2, 4 и 5-м мостами и допустимой полной массой 48,5 т; *б* — LVSR MKR18 с полной массой 44,45 т; *в* — с гибридной силовой установкой HEMTT A3

На таких машинах установлена независимая подвеска ТАК-4 с изменяемой высотой, шины 395/85R20 XZL Michelin с системой регулирования давления воздуха, а также алюминиевые колеса.

Следует отметить, что относительно недавно выделился новый тип военных транспортных средств MRAP — колесные бронемашины с усиленной противоминной защитой. Ряд моделей 4×4 и 6×6 как легкого, так и среднего и тяжелого классов оборудуют независимой подвеской с поперечными рычагами и цилиндрическими пружинами в качестве упругих элементов.

MRAP легкого класса Oshkosh M-ATV (рис. 9) имеет полную массу 14,7 т, мощность двигателя 272 кВт и максимальную скорость 105 км/ч. Постоянная неудовлетворенность потребителей уровнем защиты транспортных средств приводит к неизбежному росту как массы защиты, так и полной массы машины. Новые модификации и новые модели MRAP появляются с независимыми подвесками, аналогичными рассмотренным.



Рис. 9. MRAP легкого класса Oshkosh M-ATV с подвеской ТАК-4

Одна из таких программ модернизации MRAP выполняется для Корпуса морской пехоты США и носит название MaxxPro. Компания Navistar получила заказ на 2300 комплектов дополнительной защиты для «афганских» Navistar MaxxPro Dash общей стоимостью 282 млн долларов. Модернизация прежде всего приводит к утяжелению защиты и конструкции шасси. Так, показанная на рис. 10 машина имеет

полную массу 23,36 т и использует новую независимую подвеску Hendrickson с поперечными рычагами.



Рис. 10. Транспортное средство Navistar MaxxPro Dash

В июле 2009 г. Вооруженные силы США заключили контракт на 228 млн долларов с Force Protection для применения независимой подвески TAK-4 на 1317 машинах Cougar MRAP, который был успешно реализован с участием Oshkosh.

Новая разработка MRAP тяжелого класса от General Dynamics — Cougar 6×6 (рис. 11) имеет полную массу 29,3 т, ведущие мосты Marmon-Herrington с подвеской на двойных рычагах и с цилиндрическими пружинами, шины Michelin 395/85 R20 с колесными вставками Hutchinson VFI. В материалах изготовителя имеется замечание — скорость ограничена 88 км/ч, кратковременно допускается 104 км/ч, что впервые дает косвенное подтверждение об отсутствии в производстве шин, соответствующих заявленной максимальной скорости.

Бронированная транспортная машина Wisent (рис. 12) создана совместно Rheinmetall, MAN Military Vehicles и Timoney. Wisent 8×8 с новой независимой системой подвески и силового привода, которыми оборудованы все транспортные средства RMMV, в том числе с двумя и тремя осями.



Рис. 11. Новый MRAP тяжелого класса Cougar 6×6



Рис. 12. Немецкий Wisent 8×8 с независимой подвеской от Timoney

Rheinmetall defense ведет опытно-конструкторские работы по созданию модульной многоцелевой защищенной машины типа GEFAS 4×4 (рис. 13) с гибридной силовой установкой, в которой используются одинаковые модули с управляемыми колесами, электроприводом и с независимой двухрычажной подвеской от Timoney. Модули позволяют изменять колесную формулу машины на 6×6 и 8×8.



Рис. 13. Экспериментальная многоцелевая защищенная машина GEFAS с независимой двухрычажной подвеской Timoney

В 1998 г. начались испытания первых образцов армейского шасси Volvo FL12 (рис. 14) с колесной формулой 8×8, двигателем мощностью 309 кВт и автоматической коробкой передач. Шасси отличается новой особо прочной рамой и независимой рычажно-пружинной подвеской всех ведущих мостов Rockwell-Meritor, выполненной по лицензии ирландской компании Timoney. Ход каждого колеса составляет 350 мм. Автомобиль оборудован перегрузочной системой Cargotec для грузов на паллетах и в контейнерах.

Финская компания Sisu в сотрудничестве с Marmon-Herrington разработала ряд специальных шасси 8×8 и 10×10 (рис. 15) с независимой подвеской.

На МЗКТ налажен выпуск нескольких моделей многоцелевых транспортных средств, среди которых можно выделить колесное шасси 6×6 МЗКТ-600100 с подвеской на двойных поперечных рычагах (рис. 16). Предназначено оно для транспортировки грузов по дорогам всех категорий и бездорожью.



Рис. 14. Volvo FL12 8×8 с независимой рычажно-пружинной подвеской Timoney



Рис. 15. Мостокладчик Sisu 10×10



Рис. 16. Колесное шасси 6×6 МЗКТ-600100

Брянский автозавод выпускает достаточно представительное семейство многоцелевых колесных шасси различных модификаций с колесными формулами 4×4, 6×6, 8×8, 10×10, 12×12 и 10×8, конструкция торсионных рычажных подвесок которых претерпела лишь незначительные изменения за почти полувековую историю [4]. Колесные шасси высокой проходимости БА3-6910 (8×8) и БА3-69092 (6×6) (рис. 17) предназначены для монтажа различного специального оборудования и его транспортировки по дорогам всех категорий, допускающим осевую нагрузку до 10 т, и по бездорожью.



а



б

Рис. 17. Колесные шасси высокой проходимости БА3-6910 (а) и БА3-690921 (б)

Среди отечественных разработок известны такие новые транспортные средства с независимой подвеской и двойными поперечными рычагами, как «Тигр» (ГАЗ-233011), БТР-80 и БТР-90, СПМ-2 и СПМ-3 (рис. 18). Независимые подвески отечественных транспортных средств обеспечивают несколько меньший полный ход колес (280...300 мм), что открывает одно из направлений их модернизации.



Рис. 18. Специальная полицейская машина СПМ-3 (ВПК-3924)

В табл. 1–3 даны сравнительные характеристики некоторых рассмотренных выше автомобилей.

Таблица 1

Характеристики машин с колесной формулой 4×4

Характеристика	Oshkosh MTVR	Oshkosh M-ATV	Navistar MaxxPro Dash	Navistar MaxxPro Dash DXM	Striker 1500	СПМ-3 «Медведь» (ВПК-3924)
Полная масса, кг	13 417	13 600...14 290	22 286	23 380	28 120 (39 456)	12 800
Снаряженная масса, кг	10 646	Н.д.	15 422	16 910	Н.д.	11 400
Нагрузка на мост, т:						
передний	7100	7100	10 440	10 440	13 152	6500
задний	7500	7500	11 800	12 485	13 152	6300
Дорожный просвет, мм	462	410	Н.д.	Н.д.	400	450
Тип шины	16.00R20 XZL	Michelin 395/85 R20	Michelin 395/85 R20	16.00R20 XZL	Michelin 24R21 XZL	13.00-20
Подвеска	Oshkosh TAK-4	Oshkosh TAK-4i	Hendrickson	Hendrickson	Oshkosh TAK-4	Унифицирование с БТР
Ход подвески, мм	406 / 325	До 508	Н.д.	Н.д.	406	300
Максимальная скорость км/ч	105	105	Н.д.	Н.д.	113	110
Мощность двигателя, кВт	317	272	312,5	312,5	512	229
Коробка передач	Allison 4700SP (автоматическая семискоростная)	Allison 3500SP (автоматическая)	Allison 3000 (автоматическая пятискоростная)	Allison 3000 (автоматическая пятискоростная)	Allison 4800 EVS (автоматическая семискоростная)	Н.д.

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3 Н.д. — нет данных.

Таблица 2

Характеристики машин с колесной формулой 6×6

Характеристика	Oshkosh MTVR MK23	Oshkosh MTVR MK29	Striker 3000	MRAP Cougar	Navistar MaxxPro DXM	МЗКТ 600100	БАЗ-69095
Снаряженная масса, кг	12 610	13 608	Н.д.	21 772	19 051	24 000	15 000
Полная масса, кг	26 218	26 308	39 463	30 980	30 391	14 000	30 000
Нагрузка на мост, кг:							
передний	7260	7300	13 152	8500	8500	8000	8000
средний	10 660	10 700	14 090	11 000	11 000	8000	11 000
задний	11 570	11 600	14 090	11 000	11 000	8000	11 000
Дорожный просвет, мм	462	462	Н.д.	460	Н.д.	470	485
Полный ход подвески, мм	406/325	406/325	406	Н.д.	Н.д.	400	260
Тип шины	16.00R20 XZL	16.00R20 XZL	Michelin 24R21 XZL	Michelin 395/85 R20	16.00R20 XZL	16.00R20	21,5/75R21; 1350×530×533
Подвеска	Oshkosh TAK-4	Oshkosh TAK-4	Oshkosh TAK-4	Hendrickson- AxelTech/ Oshkosh TAK-4	Hendrickson- AxelTech	МЗКТ	БАЗ
Мощность двигателя, кВт	317	317	512	246	312,5	309	294
Коробка передач	Allison 4700SP (автоматиче- ская семиско- ростная)	Allison 4700SP (автоматиче- ская семиско- ростная)	Allison 4800 EVS (автоматиче- ская семиско- ростная)	Allison 3200 (автоматиче- ская)	Н.д.	ГМП-400 МЗКТ	ЯМЗ-2393-03
Максимальная скорость, км/ч	105	105	112	88—91 (кратковремен- но до 107)	Н.д.	90	70

Таблица 3

Характеристики машин с колесной формулой 8×8

Характеристика	Oshkosh LHS	Oshkosh 4500 8×8	Oshkosh HEMTT A3	Wisent	Volvo FL12	БАЗ-690902
Полная масса, кг	35 200	52 608	31 751	26 000	50 000	39 000
Снаряженная масса, кг	18 870	Н.д.	Н.д.	20 000	14 000	17 000
Нагрузка на мост, кг управляемый	8620 (на первый) 11 790 (на второй – четвертый)	13 152	7300	Н.д.	9000	8,0
неуправляемый	2490	13 152	8600	Н.д.	16 500	10,0
Габаритная ширина, мм	462	3100	2500	2550	2500	2750
Дорожный просвет, мм	406	410	Н.д.	Н.д.	460/390	485
Полный ход подвески, мм	406	406	406	Н.д.	400/350	280
Тип шины	16.00R20 XZL	Michelin 24R21 XZL	395/85R20 XZL Michelin	Н.д.	Michelin Pilote 16,00 R20	21,5/75R21; 1350×530×533
Подвеска	Oshkosh TAK-4	Oshkosh TAK-4	Oshkosh TAK-4	Timoney	Rockwell-Meritor- Timoney	БАЗ
Максимальная скорость км/ч	105	112	Н.д.	105	90	70
Мощность двигателя, кВт	362	708	294	316	308	294
Коробка передач	Allison 4500SP (автоматическая пятискоростная)	Allison 4500SP (автоматическая)	Гибридная трансмиссия	ZF (автоматическая семискоростная)	Volvo VT1906PT (автоматическая шестискоростная)	ЯМЗ-2393-03

На основании представленных материалов можно сделать следующие выводы:

1. Большинство новых зарубежных моделей военных полноприводных транспортных средств тактического назначения, а также практически все известные зарубежные БТР последнего поколения оборудованы независимыми подвесками с поперечным расположением рычагов.

2. Для многоцелевых транспортных средств с осевой массой до 10,5 т полный ход управляемых колес составляет 380...450 мм, а неуправляемых 350...425 мм.

3. Для многоцелевых транспортных средств с осевой массой до 7,0...7,5 т полный ход управляемых колес достигает 508 мм.

4. Наибольший интерес представляют независимые подвески зарубежных производителей Timoney, Oshkosh, AxelTech, Meritor, Hendrickson.

5. Номинальная скорость полноприводных машин нового поколения с независимой подвеской равна или несколько больше 104...105 км/ч. Шины размерностью 14.00R20; 1220×500×533; 16.00R20 и другие с близкими размерами с максимальной скоростью больше 88...90 км/ч серийно не производят. Независимая подвеска Timoney с цилиндрическими пружинами использована в целом ряде совместных разработок фирм Rockwell и Meritor, MAN и Reinmetall и, по всей вероятности, послужила прототипом для ряда близких технических решений.

6. Мосты Timoney, Oshkosh, AxelTech, Meritor, Hendrickson можно комплектовать системой регулирования давления воздуха в шинах, установкой датчиков системы антиблокировки тормозов, межколесными дифференциалами трех типов (обычными, принудительно блокируемыми или повышенного трения).

7. В подвеске транспортного средства MRAP Hendrickson использованы мосты AxelTech серии 5000, которые обеспечивают полный ход колес 400 мм, максимальный угол поворота колес 35° и клиренс под центральным редуктором 393 мм. Дополнительно вместо пружинной подвески фирма предлагает устанавливать управляемую гидropневматическую подвеску Hendrikson ННР.

8. Отечественные подвески предыдущего поколения имеют торсионные упругие элементы. Поперечный угол наклона шкворня переменный и в статическом положении подвески составляет 6,5°...7,50°. Полный ход подвески выпускаемых машин достигает 300 мм.

Настоящая статья выполнена в соответствии с договором № 9905/17/07-к-12 от 19 ноября 2012 г. между МГТУ им. Н.Э. Баумана и ОАО «КамАЗ» на выполнение составной части научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по теме «Создание системы привода ведущих колес транспортных систем с независимой подвеской с осевой нагрузкой до 10 тонн».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Плиев И.А. *Автомобили многоцелевого назначения. Формирование технического облика АМН в составе семейств*. Москва, МГИУ, 2011, 262 с.
- [2] Плиев И.А., Вержбицкий А.Н. Методика оценки технического уровня АТС многоцелевого назначения. *Автомобильная промышленность*, 1999, № 11, с. 34–36.
- [3] Вержбицкий А.Н., Плиев И.А. Анализ параметров и конструктивных решений отечественных и зарубежных грузовых автомобилей. *Автомобили и двигатели. Сб. науч. тр.* Москва, ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2003, вып. 231, с. 28–40.
- [4] Шипилов В.В., Поскачей А.П., Шелест А.А., Малинин С.И., Кравченко П.Д. *Тенденции развития специальных колесных шасси и тягачей военного назначения. Информационно-технический сборник*. Бронницы, НИИ Минобороны России, 2007, 417 с.

Статья поступила в редакцию 11.10.2013

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Вержбицкий А.Н., Котиев Г.О., Фоминых А.Б. Современные полноприводные колесные машины с независимой подвеской и осевой нагрузкой 7,0–11,5 тонн. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, вып. 12. URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/transport/1026.html>

Вержбицкий Александр Николаевич — канд. техн. наук, доцент кафедры «Колесные машины» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 100 научных работ в области проектирования колесных и гусеничных машин. e-mail: aver@bmstu.ru

Котиев Георгий Олегович — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Колесные машины» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 100 научных работ в области проектирования колесных и гусеничных машин. e-mail: kotievgo@yandex.ru

Фоминых Александр Борисович — канд. техн. наук, доцент кафедры «Колесные машины» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 80 научных работ в области динамического нагружения колесных машин. e-mail: fab@bmstu.ru