

К ВЫБОРУ КОЛИЧЕСТВА ВЕДУЩИХ КОЛЕС МНОГООСНЫХ МАШИН

Яцкевич В.В.¹, д-р техн. наук, профессор,

Зелёный П.В.², канд. техн. наук, доцент,

Щербакова О.К.³, Миркитанов В.И.⁴, д-р техн. наук, профессор

^{1, 2, 3}Белорусский национальный технический университет

(г. Минск, Республика Беларусь)

⁴ОГУ (г. Оренбург, Россия)

В современных конструкциях мобильных тягово-транспортных машин широкое распространение получили многоосные ходовые системы. Конструктивно они могут быть выполнены в виде единого многоосного привода одной машины, как, например, тягачей МАЗ, МЗКТ, КамАЗ, КРАЗ или же в виде ходовой системы тягача и прицепа, соединенных в автомобильный или тракторный поезд. Для увеличения проходимости большегрузных автомобилей в сложных дорожных условиях число приводных осей увеличивают от двух до четырех. Так, автомобили КамАЗ-63501 грузоподъемностью 16 т и полной допустимой массой 26,9 т и МАЗ-543М грузоподъемностью 22,2 т и полной массой 43,5 т выполнены по колесной формуле 8 х 8. Автомобили КамАЗ 65201 грузоподъемностью 30 т и полной массой 41 т и Урал 6563 имеют колесную формулу 8 х 4. Модели автомобилей КрАЗ грузоподъемностью от 13,1 до 21 т охватывают всю гамму колесных формул 6 х 4, 6 х 6 и 8 х 4.

Тяговые машины используются также в качестве энергетических средств безрельсовых поездов. Количество осей в поездах возрастает до десяти. Для агрегатов такого типа колесная формула требует уточнения с учетом общего количества колес и количества ведущих. Тогда по аналогии с общепринятыми обозначениями тракторные и автомобильные поезда соответствуют схемам, у которых первые цифры обозначают общее количество колес, а последующие количество ведущих колес (двигателей). Так, тракторные поезда могут быть выполнены по схемам 10×4, 16×6, 20×8 (обозначены на рисунках), а автомобильные также соответственно (рис. 1).

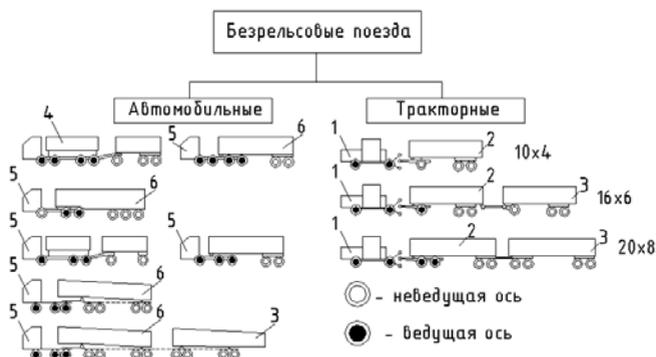


Рис. 1. Компонентные схемы автомобильных и тракторных поездов повышенной проходимости: 1 – трактор; 2 – сдвоенный полуприцеп; 3 – прицеп; 4 – автомобиль; 5 – седельный тягач; 6 – седельный полуприцеп

Таблица 1

Удельные показатели многоосных ходовых систем

Показатели:	КАМА З 6522	МАЗ 543М	8-осное шасси	КрАЗ 63221	К-701 + 2 прицепа 03ТП
Полная масса, т	33,1	43,5	93,0	31,8	54,0
Грузоподъемность, т	22,75	22,2	60	21000	27,5
Колесная формула	6x6	8x8	16x16	6x6	16x4
Число осей	3	4	8	3	8
Полная масса на ось, т	11,0	10,9	11,6	10,6	6,75
Грузоподъемность оси, т	7,6	10,9	1,16	7,0	3,44
Коэффициент грузо - подъемности G/M _п	0,68	0,51	0,64	0,66	0,51
Конструктивная масса на приводную ось, т	3,45	5,28	4,12	3,6	3,3 (2,7*)

С учетом работы тракторных поездов в полевых и сложных условиях проселочных дорог возникает необходимость в полном или частичном приводе осей прицепов. Максимальная проходимость достигается при полном использовании сцепного веса и привода на все колеса по типу многоосных колесных тягачей. Сдерживающим фактором в этом случае выступает усложнение конструкции привода,

рост его металлоемкости, увеличение стоимости, снижение механического к.п.д. привода. Кроме того, для универсальных машин в условиях движения по дорогам с твердым покрытием вследствие кинематического несоответствия колес возникает явление «паразитной» мощности, которая приводит к повышенному износу шин, дополнительной нагрузке на детали трансмиссии, а следовательно, и дополнительному расходу топлива.

Грузоподъемность прицепов G , их собственная M_C и полная M_{Π} массы связаны корреляционными зависимостями:

$$G = 7095 + 2,33 M_C; G = 1061 + 0,767 M_{\Pi}; M_C = 1043 + 0,111 M_{\Pi} .$$

Второе уравнение является более предпочтительным исходя из коэффициента множественной корреляции (0,907) и критерия Фишера (41,5). Тогда прогнозируемая полная масса для шести базовых моделей большегрузных (грузоподъемность более 10 т) тракторных прицепов образует параметрический ряд от – 13,5 до 40,3 т., а максимальная полная масса тракторного поезда с учетом массы тягача может достигать 75...80 т.

Современные транспортные поезда на базе колесных тракторов представляют собой блочно-модульные конструкции. Трактор выполняет функцию энергетического, а прицепы – транспортного модулей. Между ними расположен разъемно-соединительный блок шарнирного типа с тремя степенями свободы, обеспечивающий механическую, гидромеханическую или комбинированную догрузку ведущих колес тягача. Здесь понятие «модуль» означает составную часть агрегата, законченную в монтажном и функциональном отношении [1].

Количество осей прицепного состава тракторного поезда:

$$n = M - G / [g] ,$$

где M – полный вес прицепного состава;

G – догрузка ведущих колес тягача;

$[g]$ – допустимая нагрузка на ось.

Теоретически обоснованный ряд базовых прицепов по грузоподъемности на основании статистической обработки параметров 360 моделей мирового парка включает 11 их типоразмеров грузоподъемностью от 4 до 29 т.

Конструкция прицепов типоразмерного ряда реализована на практике и используется в народном хозяйстве как транспортное средство высокой проходимости в условиях дорог и бездорожья.

Так, грузоподъемность тракторного поезда на базе трактора К-701 в составе со сдвоенным полуприцепом ОЗТП – 8573 и прицепом ОЗТП-8572 достигла 27,5 тонн при общем количестве приводных и ведомых осей равном семи (рис. 2). Полная масса такого тракторного поезда составляет 54 т, что сопоставимо или превышает полную массу большегрузных многоосных автомобилей, работающих в условиях дорожной сети.



Рис. 2. Тракторный поезд конструкции ОЗТП

Влияние числа осей на эффективность ходовой системы определим в соответствии с рекомендациями [1 - 4]. Предположим, что ожидаемая проходимость машины с различным числом подключаемых в ведущий режим осей должны иметь одну конечную вероятность, стремящуюся к единице; во всех испытаниях вероятность проходимости одна и та же. Вследствие независимости событий применена формула:

$$P(A) = 1 - g^n,$$

где $P(A)$ – вероятность проходимости машины,
 g – вероятность её застревания.

В качестве примера рассмотрена машина, имеющая восемь приводных осей, которые можно включать поочередно. Вероятность того, что проходимость как событие появится хотя бы один раз в восьми независимых в совокупности испытаниях равна 0,98, т.е. $P(A) = 0,98$. Этот случай соответствует работе всех восьми приводных осей. Например, требуется определить вероятность появления события (проходимости) в одном испытании, т.е. при движении машины только с одной ведущей осью. По принятому допущению

ожидаемая вероятность события $P(A) = 0,98$. При числе осей равным восьми: $0,98 = 1 - g^8$, или $g^8 = 0,02$.

Отсюда $g = \sqrt[8]{0,02} = 0,6132$, а искомая вероятность проходимости многоосной ходовой системы с одним ведущим мостом: $P = 1 - g = 1 - 0,6132 = 0,387$.

Аналогичным образом определяем вероятность проходимости ходовой системы при подключении других приводных осей (1, 2, 3 и т.д., рис. 3).

Из зависимости $P = f(n)$ видно, что по мере подключения приводных осей ведущих мостов интенсивность роста вероятности проходимости последовательно снижается: 2-й – на 61 %, 3-й – на 23 %, 4-й – на 10 %, 5-й – на 6 %, 6-й – на 4 %, 7-й – на 2 %, 8-й – на 1,3 %.

Таким образом, снижение общего числа ведущих осей при том же уровне вероятности проходимости приводит к уменьшению эффективности подключения каждой последующей ведущей оси. Так, для 4-осной ходовой системы подключение второй оси увеличивает вероятность проходимости на 39 %, третьей – на 10 %, четвертой – на 3,4 %. Для двухосной ходовой системы подключение второй оси в ведущий режим увеличивает вероятность проходимости на 14 %. Результаты расчетов согласуются с практикой создания и эксплуатации тягово-транспортных машин. Известны модели одноосных тягачей типа МоАЗ, машины с колесной формулой 4x2 относят к классу нормальной проходимости; 4x4 и 6x6 – повышенной; 8x8 – высокой. Вместе с тем конструкция привода приводных осей

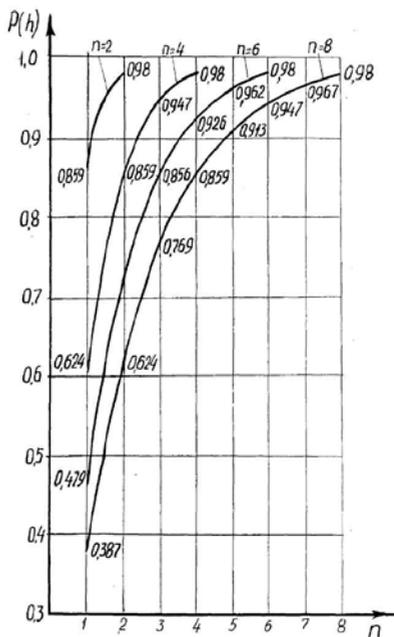


Рис. 3. Зависимость вероятности проходимости от числа ведущих осей довых систем

предусматривает возможность их отключения в хороших дорожных условиях (режим резервирования). В каждом конкретном случае количество приводных осей не должно быть избыточным, а для многоосных машин – не более шести–семи.

На основе проведенного анализа можно заключить, что максимальный эффект ведущих осей многоосной ходовой системы проявляется в тяжелых дорожных условиях с малой вероятностью проходимости, где их количество может достигать 100 %. В дорожных условиях с высокой вероятностью проходимости (на уровне 0,98 и выше) эффективность ведущих осей снижается по мере их подключения и поэтому их число может быть ограничено одной. В промежуточных по проходимости условиях соотношение количества ведущих и ведомых осей может быть определено путем идентификации дорожных условий путем приведения коэффициентов сцепления (трение скольжения) и сопротивления движения (трение качения) к общему критерию – предельным значениям вероятностей проходимости мобильных многоосных машин. Для этого требуется наличие базы достоверных экспериментально-статистических данных в достаточном объеме.

Литература

1. Ксеневиц, И.П. О движении информации, энергии и массы в жизненном цикле артефактов. Критерий устранения избыточности / И.П. Ксеневиц // Приводная техника. – 2004. – № 4, 5. – С. 2–11.
2. Белоусов, Б.Н., Колесные транспортные средства особой большой грузоподъемности. Конструкция. Теория. Расчет / Б.Н. Белоусов; под общ. ред. Б.Н. Белоусова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 728 с.: с ил.
3. Янч, Э. Прогнозирование научно-технического прогресса / Э. Янч. – М.: Прогресс, 1974. – 561 с.
4. Хан, Г., Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапири. – М.: Мир, 1979. – 335 с.