

СНИЖЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ СКОРОСТНОГО САМОХОДНОГО ШАССИ ВЫСОКОЙ ПРОХОДИМОСТИ ПО ТВЕРДОМУ ПОКРЫТИЮ

Проведенный на основе системного подхода анализ технических требований к семейству скоростных транспортно-технологических машин для внесения минеральных удобрений, находящихся в различных физических состояниях (твердые, жидкие, газообразные, пылевидные), показывают, что такая гамма машин должна разрабатываться на базе унифицированного шасси высокой проходимости [1].

Примером подобной реализации является самоходная машина МВУ-30, модификации которой предназначены для внесения твердых минеральных удобрений и известковых материалов, жидких минеральных удобрений и ядохимикатов, пылевидных мелiorантов [2].

Важнейшими требованиями, которым должно удовлетворять унифицированное шасси, является высокая проходимость, в том числе в ранневесенний период на почвах со слабой несущей способностью, минимальные колееобразование и уплотнение почвы. Это достигается оборудованием шасси специальной ходовой системой, включающей широкопрофильные высокоэластичные пневматические шины, давление воздуха в которых поддерживается системой централизованной накачки шин (ЦНШ) [3]. Параметры шин и настройку регулятора ЦНШ, как правило, определяют из условия достижения наибольшей агрофильности ходовой системы.

Наряду с этим в зависимости от применяемой технологии и организации работ по внесению удобрений самоходная машина может использоваться и как транспортная. Определенная часть внутрихозяйственных дорог уже в настоящее время имеет твердое покрытие, а Продовольственной программой СССР предусматривается значительное увеличение протяженности сельских дорог с твердым покрытием.

Вместе с тем особенности работы высокоэластичных широкопрофильных шин низкого давления изучены недостаточно, в частности при движении по твердой опорной поверхности. Так, отсутствует достоверная информация о сопротивлении качению по твердому покрытию, необходимая, например, для выбора параметров трансмиссии с целью достижения наибольшей производительности и топливной экономичности при заданном уровне энергонасыщенности машины [4].

Экспериментально исследовано сопротивление движению машины МВУ-30 по асфальтобетонному покрытию. Опыты проводили на горизонтальном участке шоссе при движении в установившемся скоростном режиме. К числу факторов, наиболее явно влияющих на мощность сопротивления движению, априорным ранжированием по методу экспертных оценок отнесены полная масса машины m , внутришинное давление p_w и скорость движения v .

Значительное сокращение объема экспериментальных работ достигается

при использовании методов теории планирования эксперимента, особенно при применении ортогональных планов первого порядка. Однако в большинстве случаев линейные модели весьма грубо отражают существо изучаемых явлений и указанные планы более пригодны при поиске экстремальных условий, нежели для проведения экспериментов с целью идентификации исследуемых процессов [5]. Планы же, позволяющие получить уравнения регрессии более высоких порядков, характеризуются повышенной трудоемкостью.

Известный компромисс представляет многофакторный эксперимент на основе так называемого "греко-латинского" квадрата [6]. В результате реализации такого плана получаются усредненные функциональные зависимости изучаемой характеристики от данного фактора. Для получения конкретного значения характеристики в данной точке факторного пространства используется формула, которая для мощности сопротивления движению имеет вид:

$$N_f = f_1(v) f_2(p_w) f_3(m), \quad (1)$$

где f_1, f_2, f_3 — функции любой сложности.

Принято число уровней факторов $n = 4$, план эксперимента приведен в табл. 1.

Результаты экспериментальных исследований приведены в табл. 2.

По данным реализации многофакторного эксперимента с использованием метода наименьших квадратов рассчитаны частные уравнения регрессии для компонентов уравнения (1). В итоге получено обобщенное уравнение, описывающее зависимость мощности (кВт) сопротивления движению самоходной

Табл. 1. Матрица плана экспериментального исследования сопротивления движению самоходной машины на широкопрофильных шинах

| $v, \text{ м/с}$ | Полная масса шасси (кг) при $p_w, \text{ кПа}$ | | | |
|------------------|--|-------|-------|-------|
| | 90 | 110 | 130 | 150 |
| 2,7 | 8858 | 12449 | 14397 | 16640 |
| 5,0 | 12449 | 14397 | 16640 | 8858 |
| 7,5 | 14397 | 16640 | 8858 | 12449 |
| 11,0 | 16640 | 8858 | 12449 | 14397 |

Табл. 2. Мощность сопротивления движению самоходной машины МВУ-30 по асфальту

| $v, \text{ м/с}$ | N_f (кВт) при $p_w, \text{ кПа}$ | | | |
|------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|
| | 90 | 110 | 130 | 150 |
| 2,7 | 2,79 | 6,78 | 5,09 | 7,66 |
| 5,0 | 14,32 | 14,00 | 15,42 | 5,77 |
| 7,5 | 29,87 | 46,32 | 14,44 | 24,58 |
| 11,0 | 66,32 | 16,67 | 37,46 | 45,1 |

машины типа МВУ-30 по горизонтальному асфальтобетонному шоссе от полной массы (кг), скорости движения (м/с) и внутрিশинного давления (кПа) :

$$N_f = 4,14 \cdot 10^{-9} (0,674 m^2 + 361 m) (0,192 v^2 + 1,522v) [3,44 + 2634,84 / (101,3 + p_w)]$$

На основании этой зависимости определены энергетические характеристики движения самоходного шасси на высокоэластичных широкопрофильных шинах по недеформированному основанию, представленные на рис. 1.

Полученное математическое описание затрат мощности на передвижение самоходного шасси по дорогам с твердым покрытием позволяет проанализировать степень совершенства ходовой системы и ее привода, а также оценить эффективность некоторых предложений, касающихся, в частности, конструктивной схемы трансмиссии и общей компоновки машины.

Рис. 1. Зависимость мощности сопротивления движению самоходной машины на высокоэластичных широкопрофильных шинах по асфальтобетонному горизонтальному шоссе от параметров машины и скоростного режима:

1 - $p_w = 50$ кПа; 2 - 100; 3 - 150 кПа;
 ————— полная масса 16 500 кг;
 - - - - - 8 500 кг

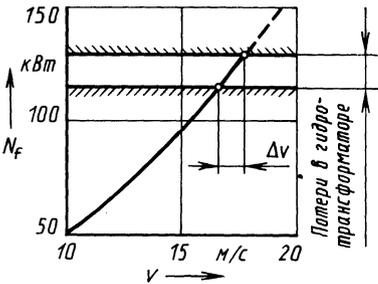
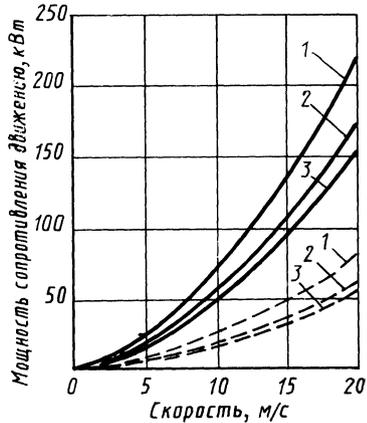


Рис. 2. К оценке эффективности блокировки гидротрансформатора (полная масса машины 16 500 кг, внутрিশинное давление 150 кПа)

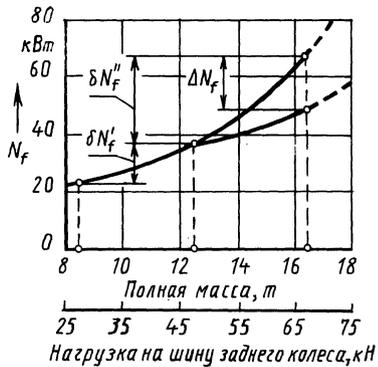


Рис. 3. К энергетической оценке радиальной нагруженности широкопрофильных шин при движении по асфальтобетонному шоссе ($v = 12$ м/с; $p_w = 150$ кПа)

Как следует из графиков, энергетически обеспечено движение машины полной массой 16500 кг, оснащенной двигателем мощностью 154 кВт, со скоростью не менее 16 м/с (56 км/ч). В то же время передаточные числа трансмиссии опытно-промышленных образцов машины МВУ-30 не позволяют получать максимальную скорость более 46...48 км/ч, что снижает их транспортную производительность.

Снижению энергоемкости в транспортном режиме способствует блокировка гидротрансформатора, включение которой целесообразно при движении на высшей (транспортной) передаче (рис. 2). При мощности, подводимой к полуосям ведущих колес при заблокированном гидротрансформаторе, порядка 130 кВт, уменьшение затрат мощности составляет не менее 16 кВт, что равноценно приросту максимальной скорости движения на 1,4 м/с, или на 8,5 %.

Практический интерес представляет зависимость мощности сопротивления движению от полной массы машины или, что то же самое, от радиальной нагруженности шин. Она носит явно выраженный нелинейный характер (рис. 3). Так, если при загрузке первых 4000 кг удобрений в бункер (увеличении полной массы машины с 8500 до 12500 кг) мощность сопротивления движению возрастает на $\delta N_f'$, то при загрузке следующих 4000 кг (увеличении полной массы до 16500 кг) — на $\delta N_f''$, причем $\delta N_f'' \gg \delta N_f'$.

Вероятной причиной проявления описанной закономерности являются повышенные неупругие потери в шинах при радиальной нагрузке более 4500 кг. Для снижения сопротивления движению машины на высокоэластичных шинах по твердому покрытию можно предусматривать установку дополнительной несущей оси, воспринимающей часть нагрузки при заполненном бункере и поднимаемой при порожних переездах (по типу автомобиля МАЗ-516). Как следует из рис. 3, снижение мощности сопротивления движению при уменьшении радиальной нагруженности шин задних колес путем применения дополнительной оси может составить $\Delta N_f = \delta N_f'' - \delta N_f'$. При скорости движения 12 м/с и внутришинном давлении 150 кПа $\Delta N_f = 19$ кВт, причем с увеличением скорости эффективность предлагаемого решения возрастает.

Результаты исследования могут быть использованы при проектных расчетах и для оптимизации на его базе параметров унифицированного шасси и сельскохозяйственных машин в процессе их доводки и дальнейшего совершенствования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ш а л я г и н В.Н. Системный подход к созданию транспортных средств повышенной проходимости. — Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1984, № 11, с. 9–12. 2. Машины для внесения минеральных удобрений/В.А. Скотников, В.Н. Кондратьев, И.Р. Размыслович, Г.В. Оседач. — Минск, 1981. — 200 с. 3. Централизованная накачка шин машины для внесения минеральных удобрений МВУ-30/А.И. Бобровник, В.С. Чешун, Ю.А. Ким, Г.С. Сочивко. — В кн.: Взаимодействие ходовых систем с почвогрунтами: Тез. докл. науч.-метод. конф. Минск, 1983, с. 49–51. 4. П е т р у ш о в В.А., М о с к о в к и н В.В., Е в г р а ф о в А.Н. Мощностной баланс автомобиля. — М., 1984. — 159 с. 5. К у ш е л ь В.Ю. Исследование энергетических качеств самоходного картофелеуборочного комбайна и обоснование его оптимальных параметров: Автореф. Дис. ... канд.техн. наук. — Минск, 1978. — 20 с. 6. Ш е н к Х. Теория инженерного эксперимента. — М., 1972. — 381 с.