

Овсянников С.И.

Харківський національний технічний
університет сільського господарства
ім. П. Василенка,
м. Харків, Україна
Email: ovseg@rambler.ru

ТЯГОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ШИН МОТОАГРОТЕХНИКИ

УДК 631.372: 631.43

В статье представлены результаты исследования тяговых свойств пневматических шин, применяемых на мотоагротехнике, составлены уравнения регрессии силы тяги в зависимости от внутришинного давления, нормальной нагрузки и влажности почвы. Определены оптимальные значения внутришинного давления.

Ключевые слова: мотоагрегат, пневматическая шина, тяговые свойства, касательная сила, уравнение регрессии.

Введение. По данным Госкомстата Украины доля приусадебных хозяйств и огородов составляет около 38 % от общей пахотной земли, на них производится почти 50 % продукции растениеводства, а овощей, плодов и ягод более 85 %. Учитывая, что средние размеры таких хозяйств составляют около 0,25 га, применение традиционных тракторов крайне затруднено и используется зачастую для основной обработки почвы. Остальные работы, связанные с посадкой, возделыванием и уборкой урожая осуществляются в большинстве случаев вручную, что снижает производительность труда и престижность работ на селе. В последнее время многие владельцы приусадебных участков, дач и огородов стали применять мотоагротехнику (МАТ) – мотоблоки и мотоорудия. Наибольшее распространение получили мотоблоки со шлейфом орудий, как более универсальные в применении.

Тягово-сцепные свойства МАТ напрямую зависят от сцепных возможностей движителей, т.е. колеса с почвой. В качестве движителей для мотоблоков используют пневматические шины 6Lx12 и 4.00x10 или металлические колеса с развитыми грунтозацепами [1]. Известно, что тяговые свойства колеса в первую очередь зависят от нормальной нагрузки и внутришинного давления. При работе под действием динамических сил и балласта нормальная нагрузка на колесо МАТ может возрастать в 2-3 раза по сравнению со статической конструкционной. Следовательно, будут изменяться и тяговые свойства МАТ в целом.

Анализ публикаций. Взаимодействию колеса с почвой (грунтом) посвящены работы многих ученых: акад. Горячкина В.П., проф. Гуськова В.В., проф. Золотаревской Д.И. и других [2-4]. В этих работах в большинстве случаев рассматривается взаимодействие колесных движителей тракторов тягового класса 0,6 и выше. Взаимодействие колесных движителей МАТ несколько отличаются от традиционных тракторов, им присущи малые удельные давления на почву (порядка 20-30 кПа), значительные колебания нормальной нагрузки, достигающие 2-3 кратного превышения от статических. Почвенные условия, например влажность почвы, зачастую меняются даже в пределах площади одного участка. Грунт по составу на таких участках супесчаный или суглинистый, почвы в большинстве случаев рыхлые, плотностью 1,12-1,30 гр/см³. В результате предварительных экспериментов оценки тягово-сцепных свойств установлено, что известные методы и зависимости передают только общий характер процесса взаимодействия колеса с почвой.

Цель и постановка задачи. В данной работе ставится задача определить экспериментальным путем тяговые свойства пневматических шин МАТ в зависимости от нормальной нагрузки, внутришинного давления и влажности почвы с целью дальнейшего их использования при моделировании работы мотоагрегатов.

Методика досліджень. Для моделювання процесу взаємодії колеса з ґрунтом розроблена конструкція установки (рис. 1), що складається з ґрунтового каналу 1, встановленого на роликах з можливістю переміщення вздовж продольної площини колеса, випробуваного колеса 2, закріпленого через підшипники до навантажувальної рами 3. Нормальна навантаження задається балластними грузами 4. Ось обертання колеса оснащена важелем 5, за допомогою якого створюється крутять момент під впливом сили, вимірюваної тензометричним зв'язком 6. Тягове зусилля, розвивається колесом, вимірюється тензометричним зв'язком 7. Величина переміщення опорної поверхні колеса відносно ґрунту вимірюється датчиком лінійних переміщень 8. Вимірювані величини реєструються цифровим вимірним комплексом [5] в табличній формі і в графічному вигляді на екрані комп'ютера.

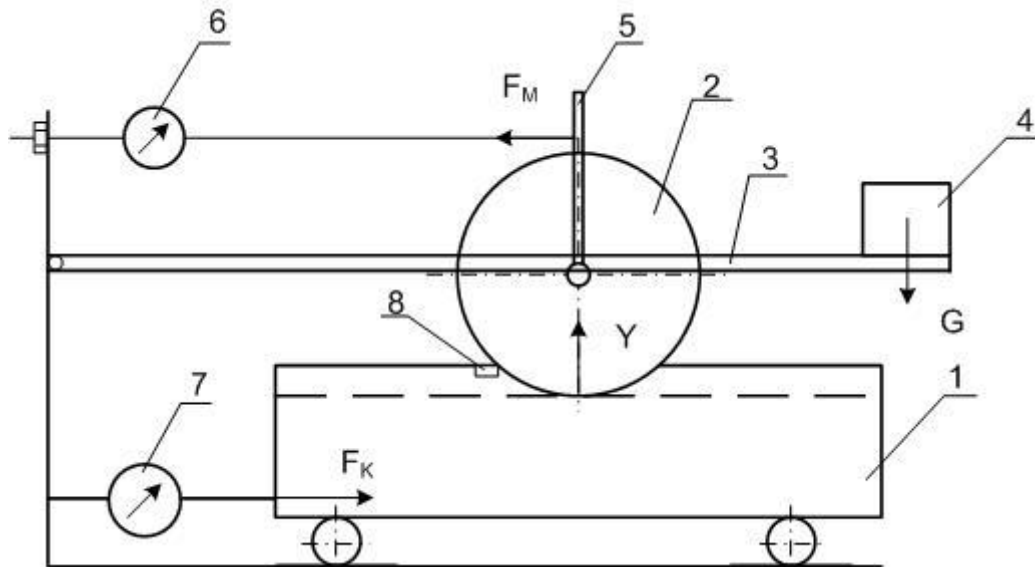


Рис. 1. Принципіальна схема стенда з ґрунтовим каналом для визначення тягових параметрів ведучих колес МАТ.

Для експериментів використовувалась супіщана ґрунта щільністю 1,18-1,22 г/см³. Вологість і твердість ґрунту визначалися відповідно до ГОСТ 20315. Тарування тензометричних зв'язків здійснювалось зразковим динамометром конструкції Токарева. Отримані тарувальні коефіцієнти використовувались в формулах перетворення цифрового сигналу в фізичні одиниці програми виводу результатів вимірювань.

При проведенні експериментів прийняті наступні допущення: - величина тертя в підшипниках обертання колеса достатньо мала і її можна пренебрігати; - сила опору переміщенню ґрунтового каналу не перевищує 1,2-1,5 Н, що значно менше погрешності вимірювання 0,5% і її можна пренебрігати; - ґрунта в каналі однорідна, вологість розподілена рівномірно.

Методика проведення експерименту заключалась в наступному. Після установки колеса на ось вимірювалась навантаження, що припадає на ось колеса. Ґрунта ретельно перемішувалась і вирівнювалась, одночасно вимірювалась вологість і щільність. Колесо опускалось в ґрунтовий канал, вимірювались розміри відбитка плями контакту під впливом нормального навантаження. Плавне збільшення зусилля на важелі крутять моменту до досягнення величини відносного проскальзання шини, перевищує 20%. При цьому реєструвались значення сили на важелі моменту 5, тягового зусилля 7 і відносне переміщення 8. Після зняття навантаження вимірювалась повторно площа плями контакту. Дії повторювались для наступного рівня

Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів
 Technical service of agriculture, forestry and transport systems

нормальной нагрузки на ось колеса путем установки балластного груза 4. Для повышения достоверности результатов все опыты повторялись трехкратно.

Испытания проводились для шин с развитыми грунтозацепами 6L-12 и 4.00-10, а также для шины 165R- 13 модели BC-11. Шины от легковых автомобилей размером 165R- 13 часто используют на мотоблоках и минитракторах, как наиболее распространенные и доступные в сельской местности среди автомобилистов, поэтому они были включены в эксперимент с целью сравнения применения гладкой шоссейной шины в качестве тяговой на миниагротехнике.

Входными параметрами приняты три фактора: нормальная нагрузка на ось колеса Y , внутришинное давление p_w и влажность почвы W . Для каждого параметра установлены пределы изменений, соответствующие условиям работы. С целью уменьшения объема экспериментальных работ был использован метод планирования эксперимента. Пределы изменений и кодирование входных параметров представлено в табл. 1.

Таблица 1.

Кодирование входных параметров, уровни и интервалы варьирования.

Уровни и интервалы варьирования	Входные параметры		
	Нормальная нагрузка, Y , Н	Внутришинное давление, P_w , МПа	Влажность почвы, W , %
+1	734	0,15	22
0	530	0,10	15
-1	326	0,05	8
Δx_i	204	0,05	7

Кодирование входных параметров выполнялось по формулам:

$$X_1 = \frac{Y - 530}{204}, \quad X_2 = \frac{P_w - 0,10}{0,05}, \quad X_3 = \frac{W - 15}{7}, \quad (1)$$

где X_1 – кодированное значение нормальной нагрузки;

X_2 – кодированное значение внутришинного давления;

X_3 – кодированное значение влажности почвы.

В ходе проведения экспериментов была выполнена проверка на линейность полинома [6], которая не подтвердилась. Продолжены эксперименты для получения зависимости в виде квадратичного полинома:

$$F_k = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_{12} X_1 \cdot X_2 + a_{13} X_1 \cdot X_3 + a_{23} X_2 \cdot X_3 + a_{11} X_1^2 + a_{22} X_2^2 + a_{33} X_3^2 \quad (2)$$

В результате проведенных экспериментов получены значения коэффициентов уравнений регрессии для соответствующих типоразмеров пневматических шин (табл. 2).

По полученным уравнениям регрессии определены оптимальные значения внутришинного давления: для шин 6L-12 - $p_w=0,1$ МПа; 4.00-10 – $p_w=0,05$ МПа; 165R-13 – $p_w=0,075$ МПа.

Таблица 2.

Значения коэффициентов уравнений регрессии.

Типоразмер шины	Коэффициенты регрессии									
	a_0	a_1	a_2	a_3	a_{12}	a_{13}	a_{23}	a_{11}	a_{22}	a_{33}
6L-12	412,4	113	-1	74	0	17,5	0	29,4	-70,6	-75,6
4.00-10	233	77	0	71	-3,75	1,25	-3,75	-3,9	1,1	76,1
165R-13	298,2	17,3	-8,2	-13,8	-7,5	-5,8	-4	0	-17,1	-23,1

На рис. 2 представлены поверхности отклика зависимости касательной силы тяги от нормальной нагрузки и влажности почвы при оптимальном внутришинном давлении.

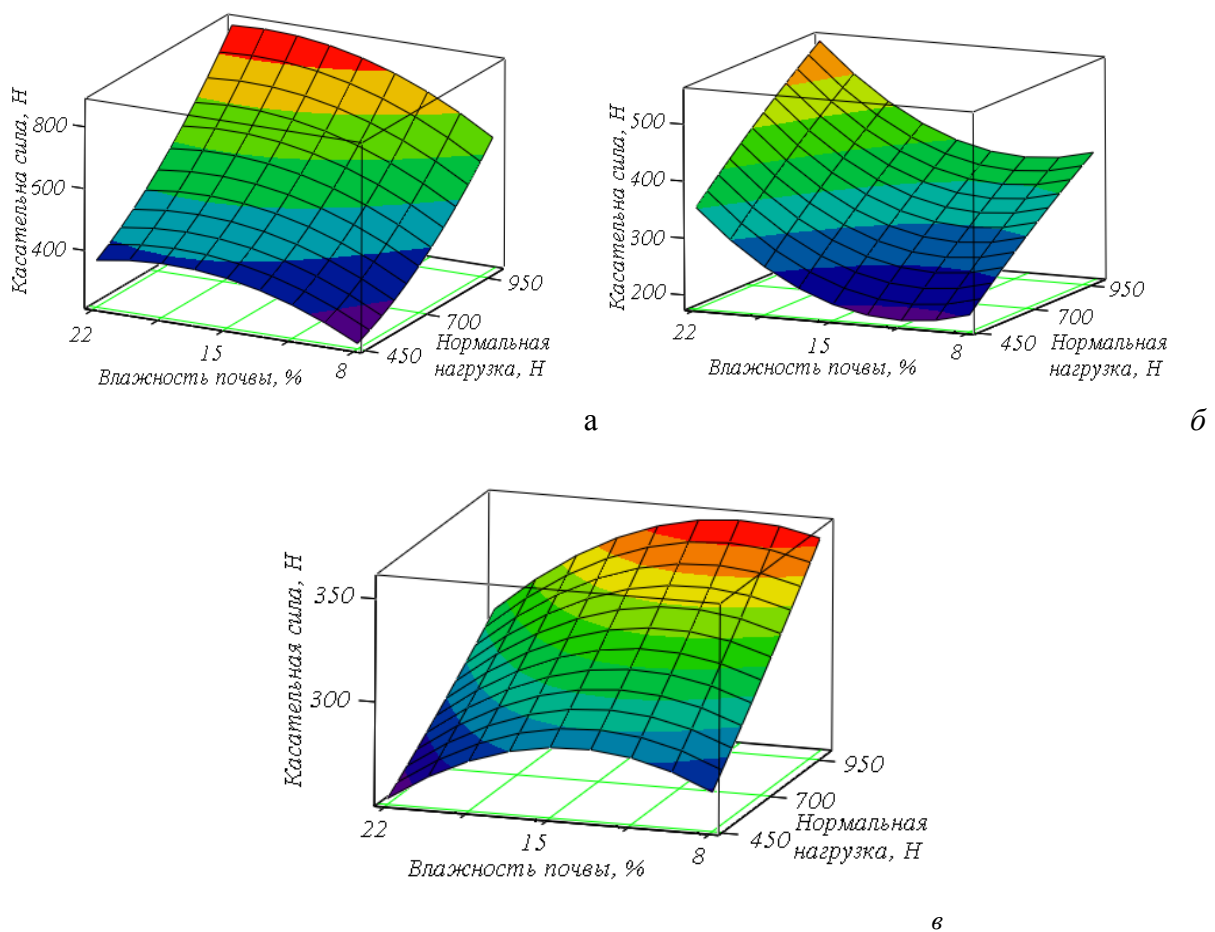


Рис. 2. Зависимости касательной силы тяги от нормальной нагрузки и влажности почвы, соответствующие обычным условиям работы МАТ при оптимальном внутришинном давлении: а – шины 6L-12; б – шины 4.00-10; в – шины 165R-13.

На основе анализа тяговых показателей установлено, что шины без грунтозацепов (165R-13) при прочих равных условиях имеют в два раза меньшие тяговые показатели; максимальные значения касательной силы тяги развиваются на грунтах влажностью 10-12 %; при увеличении влажности – тяговые качества ухудшаются, что связано с увеличением проскальзывания (буксования) шины в пятне контакта.

Тяговые параметры шин с развитыми грунтозацепами примерно пропорциональны ширине шин (высота и шаг грунтозацепов одинаковы).

Выводы

Для моделирования процессов работы МАТ в тяговом режиме необходимо иметь достоверные данные о тяговых показателях ведущих колес в зависимости от эксплуатационных условий: нормальной нагрузки на колесо, влажности почвы, внутришинного давления.

Определение тяговых показателей ведущих колес непосредственно на мотоагрегате достаточно затруднительно, поэтому исследования целесообразно проводить на лабораторных установках. Разработанная лабораторная установка позволяет оценить тяговые показатели колес на грунтах различной влажности, а именно: определить касательную силу тяги, глубину образования колеи, площадь пятна контакта в зависимости от нормальной нагрузки, крутящего момента на оси колеса, величины буксования (проскальзывания), внутришинного давления.

В результате планирования эксперимента и проведенных исследований определены коэффициенты уравнений регрессии для расчета касательной силы тяги в зависимости от нормальной нагрузки и внутришинного давления на грунтах различной влажности для основных типоразмеров шин МАТ: 6L-12, 4.00-10 и 165R-13.

На основе анализа тяговых показателей установлено, что шины без грунтозацепов (165R-13) при прочих равных условиях имеют в два раза меньшие тяговые показатели; максимальные значения касательной силы тяги развиваются на грунтах влажностью 10-12 %; с увеличением влажности – тяговые качества ухудшаются в результате проскальзывания шины в пятне контакта.

Тяговые параметры шин с развитыми грунтозацепами примерно пропорциональны ширине шин (высота и шаг грунтозацепов одинаковы).

Установлены оптимальные значения внутришинного давления пневматических шин МАТ: 6L-12 - $p_w=0,1$ МПа; 4.00-10 – $p_w=0,05$ МПа; 165R-13 – $p_w=0,075$ МПа.

Литература

1. Овсянников С.И. Классификация и концепция развития мини-агротехники / Вісн. наук. праць ХНТУСХ, вип. 94. –Х.: ХНТУСХ, 2010. - С. 304-309.
2. Тракторы: Теория: Учебник для студентов вузов по спец. "Автомобили и тракторы" / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и ДР.; Под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.; Машиностроение, 1988, - 376 с.
3. Золотаревская Д.И. Оптимизация параметров ходовых систем и скорости колесных тракторов / Д.И. Золотаревская // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2000, № 10. – С. 18-22.
4. Золотаревская Д.И. Математическое моделирование и расчет уплотняющего воздействия на почву колесных тракторов / Д.И. Золотаревская, Н.Н. Иванцов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008, № 7. – С. 36-39.
5. Овсянников С.И., Шевченко С.А., Мостепанюк Е.А. Анализ измерительных систем для определения параметров поверхности движения самоходных машин // Межвузовский сборник научных трудов. Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте. - Воронеж: ГОУ ВПО "ВГЛТА", 2009. - Вып. 4. - С. 150-155.
6. Грушко И.М. Основы научных исследований: учебное пособие / И.М. Грушко, В.М. Сиденко. – 3-е изд., пере раб и доп. – Х., Вища школа. . 1983. – 220 с.

Ovsyannikov S.I. Research of hauling parameters of the pneumatic wheels walking tractor

The results of research of hauling properties of the inflatable wheels applied on walking tractors are presented in the article, depending on pressure into a wheel, normal loading and humidity of soil. The optimal values of pressure are certain into a wheel.

Keywords: walking tractor, pneumatic wheel, hauling properties, tangent tractive force, equalization of regression

References

1. Ovsyannikov S.I. Klassifikaziya I konzeptsiya razvitiya mini-agrotechniki / Visn. nauk. praz' KhNTUSG, vyp. 94. – Kh., KhNTUSG, 2010. – pp. 304-309.
2. Tractory: Teoriya: Uchebnik dlya studentov vuzov po spez. "Avtomobili I tractory" / V.V. Guskov, N.N. Velev, U.E. Atamanov i dr.; pod ob. red. V.V. Guskova. – M.; Mashinostroenie, 1988, - 376 p.
3. Zolotarevskaya D.I. Optimizaziya parametrov hodovyh system i skorosti kolesnyh traktorov / D.I. Zolotarevskaya // Traktory i sel'skohozyaistvennyye mashiny. – 2000, № 10. – pp. 18-22.
4. Zolotarevskaya D.I. Matematicheskoe modelirovanie i raschet uplotnyaushhego vozdeistviya na pochvu kolesnyh traktorov / D.I. Zolotarevskaya, N.N. Ivanov // Traktory i sel'skohozyaistvennyye mashiny. – 2008, № 7. – pp. 36-39.
5. Ovsyannikov S.I., Shevchenko S.A., Mostepanuk E.A. Analys izmeritelnyh system dlya opredeleniya parametrov poverhnosti dvizheniya samohodnyh mashyn // Mezhvuzovskiy sbornik nauchnyh trudov. Perspektivnyye tehnologii, transportnye sredstva i oborudovanie pri proizvodstve, ekspluatazii, servise i remonte. - Voronezh: VGLTA. – vyp. 4. - pp. 150-155.
6. Grushko I.M. Osnovy nauchnyh issledovaniy: uchebnoe posobie / I.M. Grushko, V.M. Sidenko. – Kh., Vyshha shkola. 1983. – 220 p.