

УДК 629.366.028.3

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ТРАКТОРНЫХ ПРИЦЕПОВ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 4...5 ТОНН

Г.И. Гедроить,

зав. каф. тракторов и автомобилей БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

А.Ф. Безручко,

доцент каф. тракторов и автомобилей БГАТУ, канд. техн. наук

А.В. Матусевич,

ассистент каф. моделирования и прогнозирования экономики АПК БГАТУ

Приведены результаты полевых и дорожных исследований тракторных прицепов, оборудованных пневматическими шинами, обеспечивающими разное давление на почву.

Ключевые слова: прицеп, пневматическая шина, трактор, почва, давление, плотность почвы, глубина следа, сопротивление качению

Data quotation for field and road service tests of tractor trailers with pneumatic tires ensuring different ground pressure.

Keywords: trailer, pneumatic, tractor, ground pressure, soil density, track depth, rolling resistance.

Введение

Транспорт в сельском хозяйстве обеспечивает технологические процессы внутри отрасли, а также связь сельского хозяйства с другими отраслями народного хозяйства. От степени развития транспорта и эффективности его использования во многом зависят результаты всего сельскохозяйственного производства. Из-за несвоевременной поставки грузов срываются графики работы, простаивает машинно-тракторный парк, не вывозится своевременно сельскохозяйственная продукция, снижается ее качество. Это приводит к значительным потерям. В современном сельскохозяйственном производстве на каждый гектар пашни приходится 40...45 т грузов. Внутрихозяйственные перевозки достигают 80..85 % от всего объема транспортных работ, характеризуются небольшими расстояниями (5..7 км) и выполняются в основном по грунтовым и полевым дорогам [1].

Современные колесные тракторы приспособлены для выполнения внутривозвратных транспортных работ. Имеется комплект тягово-сцепных устройств для агрегатирования машин, гидропривод для управления внешними потребителями, привод тормозных механизмов прицепа, система электрооборудования. Транспортные скорости в зависимости от дорожных условий, типа машины и загрузки составляют 15...35 км/ч. Однако конструкции ходовых систем тракторов и прицепов противоречивы. Ходовая система трактора сконструирована с учетом выполнения большинства работ в полевых условиях, а прицепов для дорог. Рабочее давление воздуха в шинах тракторов устанавливается

преимущественно в пределах 0,10...0,17 МПа, а в шинах прицепов – 0,25...0,41 МПа.

Цель настоящей работы – обосновать типоразмер шин для прицепов грузоподъемностью 4...5 т, обеспечивающих соизмеримый с тракторами уровень воздействия на почву.

Основная часть

На территории Беларуси до 2000 года одним из основных тракторных прицепов являлся прицеп российского производства 2 ПТС-4 и его модификации. Эксплуатируются такие прицепы и в настоящее время. Однако в Беларуси рядом предприятий освоено производство тракторных прицепов и полуприцепов (табл. 1). В зависимости от грузоподъемности они агрегируются с тракторами тягового класса 1,4 и выше, как одиночные, или в составе тракторных поездов. Выпускаются также прицепы меньшей грузоподъемности: ПТУ-3,5; ПСМ-2,5; ПСТ-1,5 и др.

В настоящее время в качестве стандартных нормируемых показателей уровня воздействия ходовых систем на почву приняты максимальные давления движителей на почву и нормальные напряжения в почве на глубине 0,5м [2]. Основой для расчета указанных показателей являются: нормальная нагрузка на колесо и параметры пятна контакта шины на жестком основании. Среднее давление шин на жесткое основание обычно несколько выше давления воздуха в шинах, однако для некоторых широкопрофильных и арочных шин оно может быть и ниже [3]. Такие отклонения связаны с особенностями конструкции протекторной части шин, характером их деформирования, жестко-

стью каркаса и принятой методикой определения параметров контакта шины с жестким основанием.

Для почв средней влажности большинство тракторов ОАО «МТЗ» соответствуют нормам по уровню воздействия на почву [4]. Максимальное давление на почву шин тракторных прицепов в 2...3 раза выше. Наиболее реально обеспечить допустимый уровень воздействия на почву ходовых систем для прицепов невысокой грузоподъемности. Поэтому в качестве объектов исследований выбраны прицепы с базовой грузоподъемностью – 4 т (табл. 2).

При установке шин другого размера происходит изменение колеи, габаритов, показателей торможения, положения центра тяжести, поперечной устойчивости и других параметров машин. Выбранная для модернизации шина 16,5/70-18 позволяет снизить уровень воздействия ходовой части прицепа на почву при соблюдении допустимых параметров

прицепа (рис. 1). Так, транспортный габарит по боковинам шин одной оси составил 2,45 м (допустимый для дорог общего пользования в Беларуси – 2,55 м), а угол поперечной устойчивости по расчетам для модернизированного прицепа увеличился до 42,2° по сравнению с 41,8° у серийного. Установка шин большего размера нарушила бы эти требования. Значения



Рисунок 1. Прицеп 2ПТС-4М

Таблица 1. Параметры тракторных прицепов и полуприцепов

Наименование производителя	Марка прицепа	Масса груза, кг	Масса* прицепа, кг	Кол-во осей/колес, шт	Шины	Колея, м	Объем кузова*, м ³
ОАО «УКХ «Бобруй-скагромаш»	2 ПТС-4,5	4500	2250	2/4	13,0/75-16	1,95	4,7
	2 ПТС-6	6000	2350	2/4	13,0/75-16		4,7
	ПСТБ-6	6500	2440	1/2	16,5/70-18		7,5
	ПСТ-9	9500	3400	б.т.**/4	16,5/70-18		10,5
	ПСТ-12	12000	3500	б.т./4	16,5/70-18		12,5
	ПСТБ-12	12000	4500	б.т./4	16,5/70-18		15
	ПСТБ-17	17000	6300	1/2+б.т./4	16,5/70-18	2,05	20,5
ОАО «Бобруйск-сельмаш»	ПТУ-7,5	7500	2500	б.т./4	13,0/75-16		5,5
ОАО «Дрогичинский трактороремонтный завод»	ПТ-6,2	6000	2180	2/4	13,0/75-16	1,62	8,4
ОАО «Лидаагропромаш»	2 ПТС-14	14000	3750	2/4		2,0	9,8
ОДО «Дормашэкспо»	2 ПТС-4,5	4500	2000	2/4	9,00-16	1,85	5,0
	2 ПТС-6,5	6500	2200	2/4	10,00/80-15,3	1,85	6,0
	3 ПТС-9	9000	3200	3/6	11,5/80-15,3		10,0
ОАО «Оршаагропромаш»	2 ПТС-5	5000	1800	2/4		1,8	5,0
ОАО «Завод Минскагро-маш»	ПСМ-4,5	4500	2000	2/4	100/75-15,3	1,9	5,2
ОАО «Мозырский машино-строительный завод»	2 ПТС-4,5	4500	1750	2/4	9,00-16		5,0

* – без надставных бортов; ** – балансирная тележка

Таблица 2. Характеристика объектов исследований

Объект	Масса с грузом, кг	Обозначение шин	Давление воздуха в шинах, кПа	Среднее давление на жесткое основание, кПа	Статический радиус шины, мм	Колея, мм
2 ПТС -4	5490	9,00-16	350	369	412	1800
2ПТС-4М	6100	16,5/70-18	70 130	134 183	477 494	1970
БЕЛАРУС-80	3235	7,5-20 (передние)	100	–	–	1480
		15,5-38 (задние)	100	–	–	1500

давления воздуха в шинах – 16,5/70-18 выбирались из условия обеспечения их относительной деформации – 16...20 %. Разница в массе прицепов связана с увеличением массы модернизированного прицепа. Масса груза в обоих случаях составляла 4000 кг.

Выполнены исследования статических характеристик шин, дорожные исследования прицепов на грунтовой дороге, асфальте и полевые исследования на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве влажностью 25...28 %, вспаханной на глубину 0,25 м за 15 дней до опытов. Влажность почвы соответствует примерно 0,9 ее наименьшей влагоемкости (НВ) [2].

Применение шин 16,5/70-18 на прицепе 2ПТС-4М позволяет снизить среднее давление на жесткое основание в 2 и 2,75 раза при давлении воздуха в шинах 130 и 70 кПа. Максимальные давления на почву составляют 425 кПа у серийного прицепа, 229 и 168 кПа у модернизированного. По этому параметру ходовая часть модернизированного прицепа при давлении воздуха в шинах – 70 кПа обеспечивает допустимые нормы [2] для почв с влажностью 0,6...0,7 НВ и на 8 % превышает нормы для почв влажностью 0,7...0,9 НВ. Значение допустимого максимального давления для рассматриваемых почвенных условий составляет соответственно 182 и 156 кПа. Нормальные напряжения в почве на глубине 0,5 м во всех вариантах ниже допустимых.

Отмечено уменьшение плотности почвы и глубины следа под ходовой системой прицепа 2ПТС-4М (табл. 3). Плотность почвы на контрольном участке в слое 200...300 мм составляла 1231 кг/м³.

Таблица 3. Плотность почвы и глубина следа после проходов прицепов и трактора БЕЛАРУС-80

Объект	Масса, кг	Давление воздуха в шинах, кПа	Плотность почвы по следу, кг/м ³		Глубина следа, мм	
			слой 0...100 мм	слой 100...200 мм	1 проход	2 проход
Контроль			949	1147	-	-
2ПТС-4	1490	350	1362	1376	129	144
	5490	350	1381	1429	190	208
2ПТС-4М	2100	70	1266	1256	92	113
	6100	70	1315	1385	97	110
	6100	130	1371	1377	118	-
БЕЛАРУС-80	3235	100	1347	1380	135	-
НСР ₀₅			33	41	7	-

Повышение плотности почвы в слое 0...200 мм по следам прицепа 2ПТС-4 составило 321...357 кг/м³, а ее значения достигли 1362...1429 кг/м³. Изменение плотности почвы по следам прицепа 2ПТС-4М при давлении воздуха в шинах 70 кПа ниже на 54 и 107 кг/м³ соответственно для груженого и разгруженного прицепов. Отметим, что при движении прицепа 2ПТС-4 наблю-

далось выдавливание почвы в стороны и можно ожидать, что на более сухих почвах указанная разница увеличится. Это подтверждают и полученные данные. Так, в слое 100...200 мм разность значений плотности почвы в следах груженых прицепов составляет 44 кг/м³, а в следах разгруженных прицепов, когда глубина следа серийного прицепа снизилась более чем в 1,4 раза и уменьшились сдвиги почвы, эта разность увеличилась до 121 кг/м³.

Выявлены преимущества ходовой системы груженого прицепа 2ПТС-4М и по глубине следа, которая в 2 и 1,6 раза меньше при давлении воздуха в шинах, соответственно, 70 и 130 кПа. Глубина следа колес серийного прицепа достигает 190 мм, что недопустимо, так как затрудняется выполнение и ухудшается качество проведения последующих операций, уменьшается скорость движения других агрегатов, а, следовательно, их производительность. Кроме того, такая глубина следа снижает плодородие пахотного горизонта, поскольку при вспашке, особенно поворотных полос, в него может выноситься неплодородная почва подстилающего слоя. Почва остается уплотненной и после вспашки, глубина которой на дерново-подзолистых почвах составляет 0,22 м. При повторных проходах по одному следу глубина его увеличивалась на 10...25 %. Абсолютные значения глубины следов высоки даже после проходов 2ПТС-4М и составляют 92 и 97 мм. Это связано с тем, что допустимый уровень максимального давления на почву для условий опытов не был достигнут. При соблюдении норм [2] глубина следов не превышает 50 мм [4].

В результате исследований установлено (табл. 4), что в полевых условиях сила сопротивления качению груженого прицепа 2ПТС-4М при давлении воздуха в шинах 70 кПа в 1,55 раза меньше, чем груженого 2ПТС-4. При этом коэффициент сопротивления качению ниже в 1,72 раза. Повышение давления воздуха в шинах 2ПТС-4М до 130 кПа приводит к увеличению силы сопротивления качению по полю, однако эта сила

остается в 1,37 раза меньше, чем у 2ПТС-4.

Следует полагать, что силы сопротивления качению могут быть снижены путем обеспечения одинаковой колеи трактора и прицепа, так как в этом случае уменьшаются потери на деформацию почвы колесами прицепа. Косвенно это подтверждается и результатами повторных проходов агрегатов по одному

Таблица 4. Силы сопротивления качению прицепов

Объект	Масса, кг	Давление воздуха в шинах, кПа	Сила сопротивления качению, Н			Коэффициент сопротивления качению		
			Поле	Асфальт	Грунтовая дорога	Поле	Асфальт	Грунтовая дорога
2ПТС-4	1490	350	1879	176	-	0,126	0,012	-
	5490	350	8624	1105	1784	0,157	0,020	0,033
2ПТС-4М	2100	70	2245	722	-	0,107	0,034	-
		100	-	517	-	-	0,025	-
		130	2368	346	-	0,113	0,017	-
		70	5560	2693	3100	0,091	0,044	0,051
		100	-	2145	2657	-	0,035	0,044
		130	6310	1732	2343	0,103	0,028	0,038

следу. Коэффициент сопротивления качению уменьшался в 1,2...1,7 раз и был ниже у прицепа 2ПТС-4М.

Как указывалось выше, исследования проведены в условиях высокой влажности почв. В более типичных для работы прицепов условиях значения глубины следа и сил сопротивления качению будут ниже. Из-за запаса допустимой нагрузки на шины и более прочной конструкции узлов прицепа 2ПТС-4М его грузоподъемность на сухих почвах и на дорогах может быть увеличена до 5 т.

При движении по асфальту и грунтовой дороге потери на перекачивание прицепа 2ПТС-4М больше, чем серийного. Это объясняется большими значениями гистерезисных потерь в материале шин, трения в контакте и повышенной (на 40 %) массой 2ПТС-4М. Четко прослеживается закономерность снижения силы сопротивления качению при увеличении давления воздуха в шинах прицепа 2ПТС-4М. Так, при давлении воздуха в шинах – 70 кПа коэффициент сопротивления качению груженого прицепа 2ПТС-4М на асфальте больше, чем прицепа 2ПТС-4 в 2,2 раза, а при давлении воздуха 130 кПа – в 1,4 раза. На грунтовой дороге при этом коэффициент сопротивления качению прицепа 2ПТС-4М выше только в 1,15 раза. Потери в шинах, как известно, можно уменьшить увеличением давления воздуха в них при выезде на дорогу. Однако это усложняет конструкцию машин, требуется время на установку давления в шинах.

Отметим, что шина 16,5/70-18 создана под нагрузки 3250...3650 кг. Соответственно имеет и более массивные элементы конструкции и потери в них. Поэтому для прицепов грузоподъемностью 4...5 тонн с нагрузкой на колесо 1500...2000 кг важно создавать специальные шины низкого давления с близкими к указанной выше размерами, уменьшенным числом слоев корда, усовершенствованными профилем, протекторной частью и диапазоном рабочих давлений воздуха 60...150 кПа. Это позволит уменьшить потери на передвижение в полевых условиях и особенно

по дорогам. Радикально повысить эффективность ходовых систем машин можно путем разделения их на полевые и дорожные.

Заключение

Применение шин 16,5/70-18 вместо 9,00-16 на прицепах типа 2ПТС-4 позволяет уменьшить уплотнение почвы и сократить потери на качение в полевых условиях. Обеспечивается допустимый уровень воздействия на почву при ее влажности 0,6...0,7 НВ и работоспособность на переувлажненных участках. На транспортных работах и на сухих почвах возможно увеличение грузоподъемности прицепов.

Целесообразно создание шин для тракторных прицепов с рабочим давлением воздуха в них – 60...150 кПа и соответствующими элементами конструкции. Такие прицепы эффективно использовать в качестве полевых (только для перевозок по полю).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Новиков, А.В. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства. Практикум: учеб. пос. / А.В. Новиков, А.П. Ляхов, Т.А. Непарко [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2011. – 408 с.
- Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву: ГОСТ 26955-86. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 7 с.
- Гедроить, Г.И. Опорные свойства шин для сельскохозяйственной техники / Г.И. Гедроить //Агропанорама, 2009. – № 4. – С. 23-27.
- Гедроить, Г.И. Допустимый уровень воздействия ходовых систем сельскохозяйственной техники на почву / Г.И. Гедроить, Ю.И. Томкунас, Ф.Д. Четкин // Агропанорама, 2013. – № 5. – С. 10-15.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 09.03.2016